

ARCHIVES D'OPHTALMOLOGIE

DES FONCTIONS RÉTINIENNES

Par le Dr LANDOLT.

Il est incontestable que l'examen approfondi des fonctions rétiniennes¹ est de la plus haute importance pour l'ophtalmologie aussi bien que pour la médecine en général, en fournit des symptômes multiples et précieux pour le diagnostic différentiel de nombreuses affections locales et générales. Aussi voyons-nous avec plaisir ces investigations s'introduire peu à peu en France et gagner l'intérêt des praticiens. On ne se borne plus à examiner uniquement l'acuité visuelle ; la perception des couleurs est interrogée également, et le périmètre manque dans peu de cabinets pour l'examen du champ visuel.

Il faut cependant quelquefois s'arrêter dans ces explorations et chercher à rattacher le détail qu'on a observé dans une partie de l'organe au fonctionnement général de l'œil, à considérer les fonctions rétiniennes dans leurs rapports réciproques, et celles d'une partie de la rétine avec les fonctions des autres parties. — Ainsi, je lis l'observation d'un malade atteint d'atrophie partielle du nerf optique, et je trouve cette indication : l'acuité visuelle n'est que 0,3, la perception des couleurs est normale.

Qu'est-ce qu'on a entendu dire par normal dans ce cas ?

Est-ce que le malade aurait une perception chromatique égale à celle de l'œil normal, alors que son acuité visuelle a baissé jusqu'à trois dixièmes ? — ou veut-on dire que, l'acuité n'étant que 0,3, la perception des couleurs a baissé proportionnellement jusqu'à ce même chiffre ? — C'est ce qu'on néglige

toujours de rechercher, bien qu'il soit des plus important de savoir si, dans un cas donné, ces deux fonctions rétinienennes ont baissé également ou non, et dans quelles proportions.

D'autres fois, nous entendons parler d'un champ visuel limité, ou d'un scotome, et nous croyons que, conformément au sens de ces expressions, la rétine est tout à fait insensible au delà des limites indiquées et dans toute l'étendue correspondant au scotome. Mais, si nous regardons de plus près, nous verrons que l'observateur a examiné simplement avec un papier plus ou moins blanc, d'environ 2 centimètres carrés. Nous pouvons donc seulement conclure de ses expériences que l'œil examiné ne perçoit plus, aux endroits signalés, la lumière réfléchie par un morceau de papier d'une étendue donnée, et d'une intensité lumineuse qu'on néglige beaucoup trop d'apprécier. Cette intensité lumineuse est, en effet, souvent bien minime, dans un endroit peu éclairé, par une journée sombre, et dans l'ombre du malade lui-même. — Remplace-t-on le papier par une petite lumière, on voit dans beaucoup de cas les limites du champ visuel s'étendre considérablement et le scotome disparaître.

Il est évident qu'il est de la plus haute importance pour le diagnostic de savoir si les fonctions de la rétine sont entièrement éteintes sur une partie de cette membrane, ou seulement amoindries. C'est le cas notamment pour les scotomes des couleurs comme j'ai eu l'occasion de le dire au congrès de la British medical association à Cambridge (juillet 1880). On accuse souvent comme scotome de couleur — c'est-à-dire perte de la sensation d'une couleur sur une partie limitée de la rétine — un défaut de perception qui n'est que très relatif, autrement dit qui existe seulement pour une couleur de ton d'intensité donnée. Qu'on augmente l'intensité de la couleur, elle peut être perçue, et il n'y a plus de scotome; ou bien qu'on remplace le papier coloré, avec lequel on a examiné le champ visuel, par un papier gris, ou simplement par un papier plus petit, et on trouvera un scotome, non seulement pour la couleur en question, mais aussi pour le blanc.

D'autre part, les plaintes que nous recevons si souvent de nos malades, que la lumière baisse considérablement le soir, qu'ils ne voient presque plus les objets auxquels manque l'éclairage du grand jour, nous laissent presque indifférents, car nous

ne pouvons encore tirer aucune conclusion de ce phénomène, cependant assez important. Nous l'appelons héméralopie, et nous savons qu'il accompagne surtout la rétinite pigmentaire. Mais cette héméralopie se rencontre dans beaucoup d'autres affections du fond de l'œil, et elle se produit, non seulement à la tombée de la nuit, mais encore chaque fois que la lumière diminue. C'est un état particulier de l'œil malade qui fait que, pour obtenir son maximum d'acuité visuelle, il lui faut plus de lumière qu'à l'œil normal. Nous avons trop peu étudié la sensation lumineuse pour pouvoir nettement définir cet état et pour en tirer des conclusions.

L'inverse a lieu aussi ; nous trouvons des personnes qui voient mieux quand la lumière baisse (abstraction faite de la dilatation des pupilles) ; leur acuité visuelle augmente donc, dans certaines limites, quand la lumière diminue. C'est encore un phénomène que nous expliquons très insuffisamment et qui pourtant nous aiderait au diagnostic différentiel de plusieurs affections du nerf optique, de nature et d'origine variées. Bien étudié, il pourrait, comme l'examen raisonné de la perception des couleurs, nous aider à établir les proportions dans lesquelles les différentes fonctions rétiniennes ont été altérées par le processus morbide.

Nos expériences ont prouvé que c'est à juste titre qu'on divise les fonctions visuelles en trois fonctions distinctes : *perception lumineuse*, *perception des couleurs* et *acuité visuelle*. Elles sont jusqu'à un certain point indépendantes l'une de l'autre. Ainsi, nous avons parlé, dans le précédent numéro de ces Archives, d'un achromatope qui avait une acuité visuelle de 0,1, alors que la perception des couleurs était zéro, et que la perception lumineuse semblait être normale. — Nous connaissons d'autres cas où l'acuité visuelle est infiniment plus diminuée que les deux autres fonctions. — Les cas d'héméralopie, au contraire, prouvent, que la sensation lumineuse peut s'altérer considérablement, alors que l'acuité visuelle et la perception des couleurs se maintiennent mieux. — D'autre part, nous avons constaté des cas où le champ visuel avait conservé des limites normales, quand les champs des couleurs avaient diminué. Qu'est-ce que cela signifie ? Sinon que la sensation lumineuse, examinée avec un papier blanc, était restée assez bonne jusqu'aux limites physio-

logiques du champ visuel, tandis que le sens chromatique avait diminué.

En comparant ces fonctions entre elles, au centre de la rétine et dans ses parties excentriques, et en établissant les rapports qui existent entre la même fonction au centre et au delà du centre, on trouvera certainement de nouveaux éléments diagnostiques des plus importants.

Pour n'en citer qu'un exemple, nous voyons souvent une papille plus ou moins blanche, plus ou moins atrophiée, sans que l'ophthalmoscope nous indique toujours l'origine de cet état du nerf, et souvent l'anamnèse nous laisse sans ressources. Il est plus que probable que les différentes fonctions de la rétine se comportent diversement entre elles, suivant la cause de l'affection du nerf optique, et que l'examen fait dans ce sens nous permettrait d'établir si l'atrophie est d'origine locale, cérébrale, spinale, toxique, etc... Des recherches de cette nature ont été déjà faites par l'école de de Graefe; nous en trouvons des exemples dans les Archives de de Graefe, et surtout dans la monographie de M. Schön¹. Mais il y a encore considérablement à faire pour éclaircir ce chapitre si obscur des atrophies, et de certaines affections de la rétine et de la choroïde.

C'est pour indiquer la voie dans laquelle il faut diriger nos investigations que je me permettrai de rappeler ici à grands traits ce que nous savons de l'anatomie et de la physiologie pour ainsi dire *topographiques* de la rétine, et aussi ce que nous n'en connaissons pas. On verra que malheureusement cette dernière partie est de beaucoup la plus considérable, mais j'espère que cela encouragera nos confrères à nous aider à combler ces lacunes par des expériences nombreuses et exactes².

Avant d'aborder l'étude des fonctions de la rétine, il est bon de se rendre compte de l'étendue de la membrane nerveuse de l'œil. Cette question semble être des plus simples. On nous répondra : la rétine s'étend du nerf optique jusqu'à l'ora serrata.

C'est juste, mais nous voudrions connaître en millimètres l'étendue de la rétine dans tous les méridiens. Ici la solution

1. *Die Lehre vom Gesichtsfelde, etc.*, 1874.

2. Je serai obligé de rappeler dans cet article beaucoup de choses qui sont déjà connues du lecteur. Ceci est inévitable, parce que je désire présenter la question dans son ensemble et à un point de vue général.

est infiniment plus difficile à donner. Je dois dire que mes recherches à ce sujet dans les ouvrages des différents anatomistes sont restées infructueuses, et que c'est par la combinaison d'indications partielles, et par des mensurations personnelles que je suis arrivé aux chiffres suivants. Inutile de rappeler que l'étendue de la rétine n'est pas la même dans tous les yeux, que par conséquent ces chiffres ne peuvent être tout au plus que des chiffres moyens.

Nous donnons dans la fig. 1 la section horizontale, schéma-

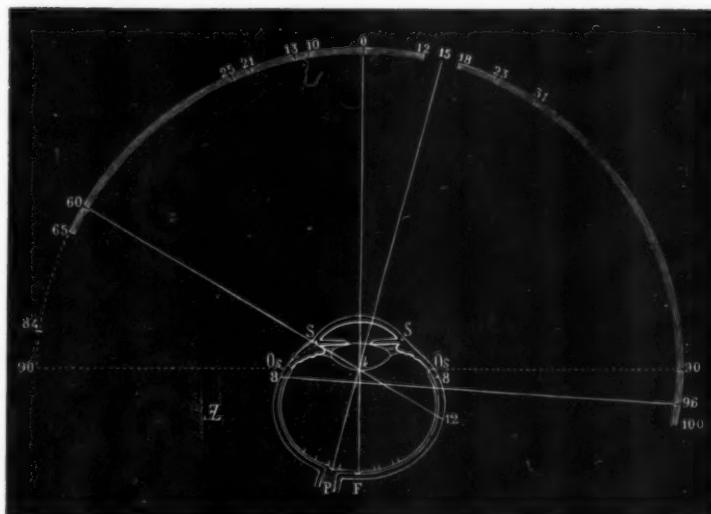


Fig. 1.

tique d'un œil droit, vu d'en haut. Le nerf optique *P* s'insère du côté interne de la macula dont nous représentons en *F* la fosse centrale qui correspond à peu de chose près au pôle postérieur de l'œil. En *Os* se trouve, des deux côtés, l'ora serrata. La macula a une étendue horizontale de 2 millimètres environ, un peu moins en hauteur (Schwalbe). Nous en prendrons le centre comme point zéro de nos mensurations.

En partant de la fosse centrale on trouve le centre de la papille à 4 millimètres du côté interne. C'est un chiffre qui est

résulté d'un nombre très considérable de mesures que j'ai faites sur le vivant, et qui est confirmé par les mensurations sur le cadavre¹.

L'ora serrata se trouve du côté interne (nasal) à 26 millimètres, du côté externe (temporal) à 23 millimètres environ de la fosse centrale.

Le canal de Schlemm S se trouve, d'après mes mensurations, du côté interne à 5, du côté externe à 6 millimètres de l'ora serrata. Donc, du côté interne à 31, du côté externe à 29 millimètres de la fosse centrale.

Quant à la structure de la rétine, on sait qu'elle présente des différences considérables dans ses différents points. La papille d'abord ne contient que des fibres nerveuses en très grande quantité et du tissu conjonctif. Les bords de la fosse centrale sont un peu élevés, la fosse elle-même forme au contraire une excavation assez profonde. La couche des fibres nerveuses manque au niveau de la macula, et toutes les couches, à l'exception de celles des cellules nerveuses, de l'intermédiaire, des cônes et des bâtonnets, deviennent de plus en plus minces. Dans la fovea centralis, cet amincissement a atteint un degré tel que des éléments rétiniens il ne reste pour ainsi dire que la couche des cellules nerveuses, presque réunie à la granuleuse interne, et la couche des cônes. Tandis que sur la plus grande étendue de la rétine on compte plusieurs bâtonnets pour un cône, la macula ne contient que des cônes, et ceux-ci sont très minces et très serrés, de sorte qu'on en compte bien plus sur une partie donnée de la rétine dans la macula, que sur tout autre point de la membrane nerveuse. Au niveau de la fosse centrale les cônes sont très longs et se distinguent par la régularité de leur disposition.

A partir du nerf optique, la rétine s'amincit graduellement, au fur et à mesure qu'on se rapproche de la périphérie. H. Muller² donne de la diminution des différentes couches de la rétine des indications d'où nous tirons les moyennes dans le tableau suivant :

1. Landolt, *La distanza tra la macula lutea ed il centro della papilla*; *Annali di off.* Anno II, t. I, 1872.

2. Anat. physiolog. Untersuchungen über die Retina, etc. *Zeitschr. f. wissensch. Zoologie*, t. VIII, 1857; et *Schwalbe in Graefe et Saemisch, Handb. der ges. Augenheilkd.* L, 361.

DISTANCE de la papille du côté nasal.	FIBRES radieuses.	CELLULES nerveuses.	GRANULEUSE grise.	GRANULEUSE interno.	INTERMÉ- DIAIRE.	GRANULEUSE externo.	CÔNES et bâtonnets.
0.5 mm	0.2	0.015	0.038	0.035	0.035	0.055	0.05
1	0.11	0.015	0.038	0.035	0.035	0.055	0.05
1.5	0.06	0.015	0.038	0.029	0.035	0.043	0.05
2	0.025	0.012	0.038	0.029	0.035	0.043	0.05
8	0.026		0.038	0.029	0.035	0.043	0.045
11	0.02	0.024	0.024		0.028	0.043	0.045
14	0.02	0.02	0.02		0.024	0.03	0.045
18	0.043			0.018	0.014	0.025	0.04

Ce sont donc surtout les couches des cellules et des fibres nerveuses, qui diminuent et s'effacent presque, vers la périphérie de la rétine. Le tissu conjonctif, au contraire, les fibres radiées augmentent considérablement et finissent par former, vers l'ora serrata, un réseau de mailles en forme de palissades, contenant de nombreux grains ou noyaux, mais ne laissant plus reconnaître la structure caractéristique de la rétine. A l'ora serrata on ne peut plus suivre les fibres nerveuses, et les cellules y sont extrêmement rares; la granuleuse grise y peut encore être reconnue, les deux granuleuses se fondent presque en une seule; pour les cônes et les bâtonnets ils s'y rencontrent encore, mais les bâtonnets prédominent et ces deux éléments sont plus courts qu'aux environs du pôle postérieur.

Voilà pour l'étendue et la structure de la rétine. La seconde question qui se présente maintenant est la suivante : *La rétine est-elle sensible à la lumière dans toute son étendue?* — Pour répondre à cette question, il faut, avant tout, déterminer les points les plus excentriques d'où un œil immobile peut encore percevoir de la lumière; en d'autres termes, il faut déterminer les limites du champ visuel.

On a voulu pour cela se servir d'un plan sur lequel on marque un point de fixation. A partir de ce point, on fait mouvoir sur le plan et dans toutes les directions un objet lumineux, jusqu'à ce qu'il disparaisse. Mais une expérience simple suffit déjà pour prouver qu'avec cette méthode, on ne peut jamais arriver

à circonscrire les limites du champ visuel. On n'a qu'à fermer l'œil gauche et à fixer le doigt indicateur de la main gauche avec l'œil droit; en étendant le bras droit, on verra qu'on distingue encore les mouvements de la main droite, quand ce bras forme un angle droit et plus avec la ligne de fixation. Le champ visuel s'étend, en effet, dans plusieurs directions à 90 degrés et au delà. Un point lumineux qui apparaît à l'œil sous un angle de 90°, ne peut pas être situé dans un plan perpendiculaire à la ligne de fixation; en conséquence, le tableau ne saurait suffire à la mensuration de l'étendue du champ visuel. Les inconvénients de cette méthode sont d'ailleurs plus grands encore lorsqu'il s'agit d'examiner les fonctions de la rétine.

Pour pouvoir déterminer le champ visuel jusqu'à ses limites les plus reculées, et pour examiner toutes ses parties à la même distance, il faut évidemment placer l'œil au centre d'une sphère, sur laquelle on promènera les objets types. C'est ce qu'on obtient le plus facilement à l'aide d'un arc gradué, au centre duquel on place l'œil. En tournant autour de son sommet, cet arc décrit une demi-sphère à peu près concentrique à la sphère de la rétine. Le point zéro sera inscrit au sommet de l'arc, et la direction du méridien sur lequel se fait la mensuration sera lue sur un cadran spécial, également divisé. Sur l'arc lui-même, on fait mouvoir un curseur, laissant voir au besoin, soit un carré blanc ou coloré, soit des points ou des lettres. Depuis Aubert, le nom de *périmètre* est réservé aux instruments fondés sur ce principe.

Les résultats obtenus par la mensuration au périmètre sont inscrits sur des schémas qui donnent la projection équidistante polaire de l'hémisphère (fig. 2). Le point zéro correspond à la fosse centrale¹, les diamètres correspondent aux méridiens dans lesquels la mensuration s'est effectuée; les cercles concentriques donnent de 10 en 10 degrés l'éloignement du sommet de l'arc ou du point de fixation².

1. Foerster a proposé de prendre comme point de départ des mensurations péri-métriques non la macula, mais la papille. Par conséquent, au lieu de faire coïncider le point de fixation avec le zéro de l'arc, il fait fixer un point situé à 15 degrés en dedans de celui-ci, de manière que la papille se trouve en face du 0. Nous avons dit ailleurs pourquoi nous considérons cette façon de procéder comme peu logique; elle n'est d'ailleurs pas entièrement pratique et nous-même l'avons abandonnée déjà en 1873.

2. Hirschberg de Berlin préconise la projection orthographique (de Wecker et

En plaçant mon œil droit au centre du périmètre et en fixant le point zéro, je trouve comme étendue de mon champ visuel la courbe intérieure de la figure 2; ce sont les limites pour un œil immobile. On voit que le champ visuel est loin d'être circulaire, comme on pouvait s'y attendre, qu'il s'étend beaucoup plus loin en dehors qu'en dedans et qu'il semble également limité en

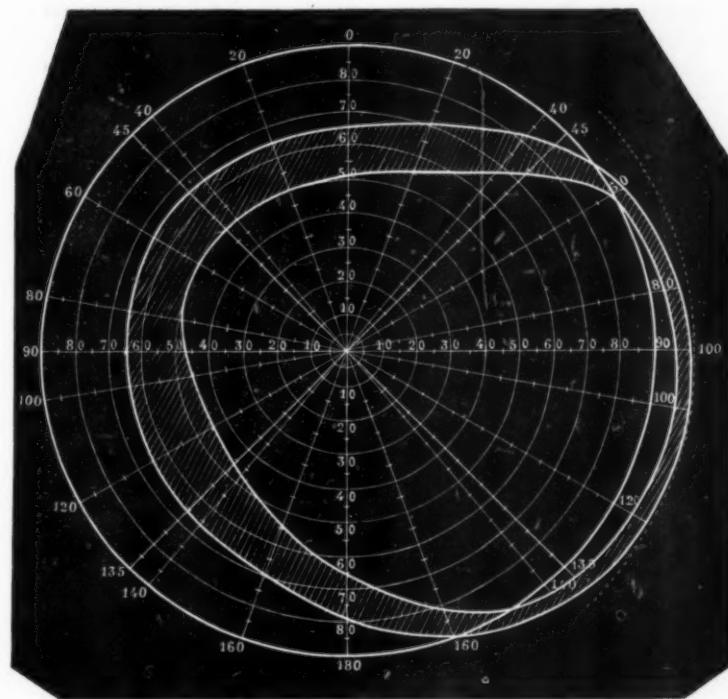


FIG. 2.

haut et en bas comparativement à son étendue externe. On est nécessairement tenté de mettre ces inégalités des limites sur le compte des parties qui environnent l'œil : bords orbitaires,

Landolt (p. 610) pour inscrire le champ visuel. Nous en avons un spécimen dans le travail de M. Bellouard dans le numéro précédent des *Archives*, abstraction faite naturellement de l'emplacement de la macula et de la désignation des méridiens.

nez, etc. En éliminant, en effet, le rétrécissement qui provient des parties voisines de l'œil, c'est-à-dire en fixant successivement, au lieu de 0, un point à 30 degrés dans la direction opposée à celle dans laquelle se fait l'examen, le champ visuel gagne en étendue dans toutes les directions, mais surtout dans les parties interne, supérieure et inférieure, comme le montre la courbe extérieure du schéma. Néanmoins, il reste toujours moins étendu dans ces mêmes directions. Les limites sont en chiffres ronds : 60° en dedans, et 100° en dehors.

Revenons maintenant à la figure 1, et marquons les points 60° et 100° du périmètre. Une chose nous frappe au premier abord. Comment les rayons lumineux provenant de ces points peuvent-ils pénétrer dans l'intérieur de l'œil? — Ils n'y pénètrent sans doute pas en ligne droite, mais ils y pénètrent certainement, puisque l'œil distingue des objets placés sous un angle de 60° et de 100° avec sa ligne visuelle. On peut s'en convaincre d'ailleurs d'une autre façon encore : Un observateur, en se plaçant sous un angle de 100 degrés avec la ligne visuelle d'un œil, voit encore parfaitement la pupille de ce dernier comme une fente assez large. Donc, de même que des rayons provenant de la pupille peuvent sortir de l'œil sous un angle de 100°, de même des rayons lumineux peuvent entrer dans la pupille par le même chemin.

Mais il faut que ces rayons lumineux subissent une déviation considérable, en traversant le système dioptrique de l'œil. C'est en effet ce qui a lieu. Seulement, n'étant pas à même de poursuivre la marche de ces rayons, nous ne pouvons encore indiquer en quel point ils rencontrent la rétine. C'est là une notion essentielle qu'il s'agit d'acquérir, si nous voulons savoir jusqu'à quelles limites s'étend la partie de la rétine sensible à la lumière.

La méthode la plus sûre pour arriver à la solution de ce problème est d'observer à travers la sclérotique l'image rétinienne d'une flamme qu'on promène sur l'arc du périmètre. Cela est possible dans des yeux saillants, à sclérotique mince. Donders a fait cette expérience sur plusieurs yeux. Il trouve que l'image d'une flamme, placée à 60° en dedans du point de fixation, apparaît, sur la moitié externe du globe, à 12 millimètres du bord cornéen (17 millimètres environ de la macula). Ce qui ferait

environ 17 millimètres de la fosse centrale, d'après nos mesurations¹. C'est là la limite de la vision indirecte. Mais l'image de la flamme reste visible par transparence jusqu'à 84° du périmètre (8 millimètres du bord cornéen). Il y a donc, du côté externe, une zone rétinienne de 4 millimètres de large qui reçoit la lumière sans la percevoir. Or, la rétine s'étendant jusqu'à l'ora serrata, c'est-à-dire à 6 millimètres environ du bord temporal de la cornée, il y aurait à ajouter à cette zone insensible, constatée par l'expérience de Donders, une bande de 2 millimètres, sur laquelle la lumière n'apparaît plus. Il y a donc en tout, du côté externe de la rétine, une partie large de 6 millimètres, insensible à la lumière. Ces 6 millimètres d'étendue correspondent environ à 30 degrés du périmètre.

Du côté interne du globe de l'œil, on peut suivre également l'image rétinienne de la lumière jusqu'à 8 millimètres du bord cornéen. A ce moment, la flamme se trouve au 96° degré du périmètre, c'est-à-dire à peu près à la limite du champ visuel. L'ora serrata étant éloigné du bord cornéen de 5 millimètres, du côté interne ou nasal, la zone insensible serait de 3 millimètres; soit 3 millimètres de moins que sur la moitié externe du globe oculaire.

Ces résultats ont été contrôlés par une autre expérience, celle des phosphènes de pression.

Il est évident que toute l'étendue du globe oculaire sur laquelle on peut produire un phosphène est tapissée par une partie de la rétine sensible à la lumière, sans quoi elle répondrait à cette excitation, non par une sensation lumineuse, mais par une sensation de douleur ou de pression. En plaçant son œil au centre du périmètre, et en fixant le point zéro, on peut parfaitement indiquer le degré de l'arc auquel correspond la partie de la rétine touchée par un stylet, le point où le phosphène est projeté. Eh bien, le phosphène apparaît jusqu'aux limites du champ visuel, c'est-à-dire que le phosphène le plus excentrique est projeté en dedans à 60°, en dehors à 100°, et que le point où le phosphène cesse est situé plus loin du bord

1. Nous prenons comme point de départ (zéro) de ces indications le point de fixation, la fosse centrale, et non un point situé de quelques degrés (angle γ) en dehors du point de fixation, comme le fait Donders.

cornéen, sur la moitié externe, que sur la moitié interne de l'œil (Donders).

Ces expériences prouvent que la partie de la rétine que nous avons indiquée comme étant insensible à la lumière l'est en réalité, et que ce n'est pas seulement l'impossibilité de faire arriver de la lumière sur les parties périphériques de la rétine, qui nous empêche de nous rendre compte si ces parties sont sensibles ou non.

Nous aurions donc, d'après nos mensurations et les expériences de Donders une étendue de la rétine de 23 millimètres du côté interne et de 17 millimètres du côté externe, sensible à la lumière, et une zone large de 3 millimètres du côté interne et de 6 millimètres du côté externe insensible à la lumière.

Où faut-il chercher la cause de cette insensibilité? — Nous la plaçons d'abord dans une structure défectueuse de la rétine. Nous avons vu que les parties périphériques de cette membrane sont extrêmement minces et que leur structure est très inférieure à celle des autres parties. Il n'est pas douteux pour moi qu'une bonne part de l'insensibilité revient à ce défaut de structure. Mais cette partie, pour ainsi dire rudimentaire, de la rétine, est-elle aussi large que la zone insensible à la lumière? Les données exactes nous manquent malheureusement, mais il paraît certain qu'une portion de la zone insensible, surtout du côté externe, contient tous les éléments de la rétine et que sa structure ne diffère guère de celle douée d'une bonne perception lumineuse.

Une observation de Boll pourrait sembler se prêter encore à l'explication de ce phénomène: c'est que le rouge de la rétine manque sur les parties périphériques de cette membrane. Seulement, Boll n'a pas mesuré la largeur de la partie dépourvue du rouge rétinien et, de plus, il est probable que le rouge n'est pas indispensable à la perception lumineuse.

Je crois qu'il faut chercher l'explication de cette insensibilité des parties rétiniennes dont la structure est normale dans un manque d'exercice, c'est-à-dire dans l'absence, en l'organe central, de parties correspondant aux impressions de ces parties périphériques de la rétine, et cette *amaurose par anopsie* se produit parce que ces parties ne servent jamais à l'orientation.

De cette façon s'explique aussi le fait que la zone insensible est plus large du côté temporal que du côté nasal, en bas et en dehors qu'en haut et en dedans.

En effet, l'œil ne reçoit presque jamais de rayons lumineux provenant des côtés où le champ visuel est limité. En haut, ce sont les sourcils, le front et les cheveux qui les interceptent, et, de plus, la partie supérieure du champ visuel a beaucoup moins d'importance pour l'orientation et pour la protection de l'individu que le reste du champ. L'orientation latérale est beaucoup plus nécessaire. Mais elle se fait du côté droit à l'aide des parties internes de la rétine droite, du côté gauche, avec la moitié interne de la rétine gauche, c'est-à-dire beaucoup plus avec les parties internes qu'avec les parties externes de la rétine. Ces dernières sont donc moins exercées et, par suite, moins sensibles que les moitiés internes. Le rétrécissement correspondant sur les champs visuels n'a donc rien de surprenant. Notre manière de voir, exposée déjà en 1872 dans les *Annali d'Ottalmologia*, a reçu une confirmation puissante par les expériences de Donders, publiées en 1877. Ce dernier attribue aussi l'insensibilité des parties périphériques de la rétine à un manque d'usage.

En dehors de la zone insensible dont il vient d'être question, la lumière est-elle perçue sur toute l'étendue de la rétine? — En promenant sur l'hémisphère engendrée par le périmètre un petit objet lumineux, on rencontre encore d'autres parties sur lesquelles cet objet ne fait pas d'impression. C'est d'abord la *tache de Mariotte*, cette lacune dans le champ visuel qui correspond à l'entrée du nerf optique. Elle occupe dans le champ visuel un espace oval qui a environ 6 degrés dans l'horizontale, un peu plus dans la verticale (fig. 1, 45).

A partir de cette tache, on peut suivre les gros vaisseaux rétiens qui donnent également lieu à des stries insensibles à la lumière.

Enfin, on rencontre encore par ci par là de petits scotomes qui correspondent sans doute aux gros troncs des vaisseaux rétiens, surtout à leur bifurcation.

C'est un scotome de ce genre qui m'a empêché de déterminer l'acuité visuelle indirecte de mon œil droit dans le méridien incliné de 45° en dedans et en haut (fig. 443, p. 639, de notre

traité complet d'ophthalmologie). Dans les environs du 16° de la macula, un petit objet disparaît pour mon œil droit; j'ai donc choisi, pour les mensurations, le méridien de 55°.

Abstraction faite de ces lacunes, d'ailleurs minimes, nous avons une rétine dont une étendue d'environ 17 millimètres en dehors et 23 en dedans de la macula est sensible à la lumière.

Comment se comportent maintenant sur toute cette étendue les trois fonctions de la rétine : la *perception lumineuse*, la *perception des couleurs*, et la *perception des formes*, ou acuité visuelle ?

La *perception lumineuse* est déterminée par la plus petite quantité de lumière nécessaire pour produire une impression lumineuse. Nous l'avons examinée à l'aide de l'appareil de M. Charpentier, qui nous assista dans ces expériences¹.

Le résultat de nos expériences fut que, sur toute l'étendue du champ visuel, le minimum de lumière nécessaire pour produire une impression lumineuse est sensiblement le même, c'est-à-dire que la *perception lumineuse* est à peu près la même sur toute l'étendue de la rétine. Il n'y a que les parties tout à fait rapprochées de la fosse centrale, et contenues encore dans la macula, qui paraissent douées d'une sensation lumineuse quelque peu supérieure à celle du reste de la rétine, et à celle de la fosse centrale elle-même, attendu que ces parties exigent moins de lumière pour donner naissance à une sensation. Ce fait a été constaté déjà par Arago, qui fit remarquer que l'on distingue mieux des étoiles à une faible intensité lumineuse, en fixant un point voisin, au lieu de les regarder directement. Aubert, dans ses expériences classiques sur la physiologie de la rétine, est arrivé, à l'aide d'autres méthodes, au même résultat que nous.

Pour examiner la *perception des couleurs*, j'ai employé aussi, entre autres méthodes, l'appareil de Charpentier, dont une extrémité fut exposée à la lumière du jour et couverte d'un verre coloré, ou bien dirigée sur une des couleurs du spectre solaire. Or, la sensibilité des différentes parties de la rétine à la lumière colorée se comporte bien autrement que celle à la lumière blanche. La *perception des couleurs* diminue très rapidement du centre vers la périphérie de la rétine; de telle sorte que, si nous

1. Voir les *Archives*, I, p. 49, et de Wecker et Landolt, *Traité complet d'ophth.*, I, 531.

désignons par 1 la perception chromatique de la fosse centrale, la perception des couleurs d'une partie éloignée de $2^{\circ}23'$ du centre n'est plus que 0,5, et celle d'une partie éloignée de $11^{\circ}12'$ seulement 0,16 de la perception centrale.

La couleur bleue fait exception jusqu'à un certain point, parce qu'elle est mieux perçue par les parties voisines de la fosse centrale que par cette partie elle-même. Ainsi, un carré bleu d'une très petite étendue, ou la fenêtre de l'appareil de Charpentier, éclairée par la lumière bleue, sont distingués dans leur couleur lorsque l'œil fixe à côté, même à un moment où ils ne sont pas encore distingués dans la vision directe.

En examinant la perception des couleurs à l'aide de carrés de papier colorés de 2 centimètres de côté, qu'on promène sur le périmètre, on constate que les différentes couleurs ne sont pas distinguées jusqu'aux mêmes limites. Ainsi, dans le schéma fig. 3, la plus petite courbe correspond à la partie de la rétine sur laquelle toutes les couleurs sont distinguées ; au-delà de cette courbe le violet n'est plus vu ; au-delà de la seconde courbe, le vert et le violet sont défaut ; au-delà de la troisième, c'est le rouge qui disparaît, et ainsi de suite jusqu'au bleu, qui reste le plus longtemps perceptible, et dont les limites s'approchent très près de celles du blanc.

Plusieurs auteurs ont voulu conclure de ces expériences à l'absence de la perception des couleurs (achromatopsie totale) sur la zone de la rétine comprise entre la courbe externe et la courbe du bleu du schéma, et à l'absence de la perception de certaines couleurs (achromatopsie partielle) sur les parties comprises entre la courbe du bleu et la courbe centrale du schéma. Ce raisonnement cependant n'est pas juste car, ainsi que nous l'avons dit au commencement de cet article, l'intensité de la lumière et de la couleur est essentielle pour la distinction, et c'est précisément ce que les auteurs ont oublié de rechercher. En employant des couleurs d'une grande intensité, j'ai constaté, de même qu'Aubert, qu'elles sont toutes distinguées jusqu'aux limites du champ visuel.

Pour ce qui est de l'*acuité visuelle* des différentes parties de la rétine, il est bon de se rappeler d'abord la définition qu'on donne à l'expression acuité visuelle : L'acuité visuelle est la faculté que possède l'œil de distinguer deux points comme

étant séparés. La méthode la plus simple pour examiner cette acuité dans les différentes parties de la rétine est donc de déter-

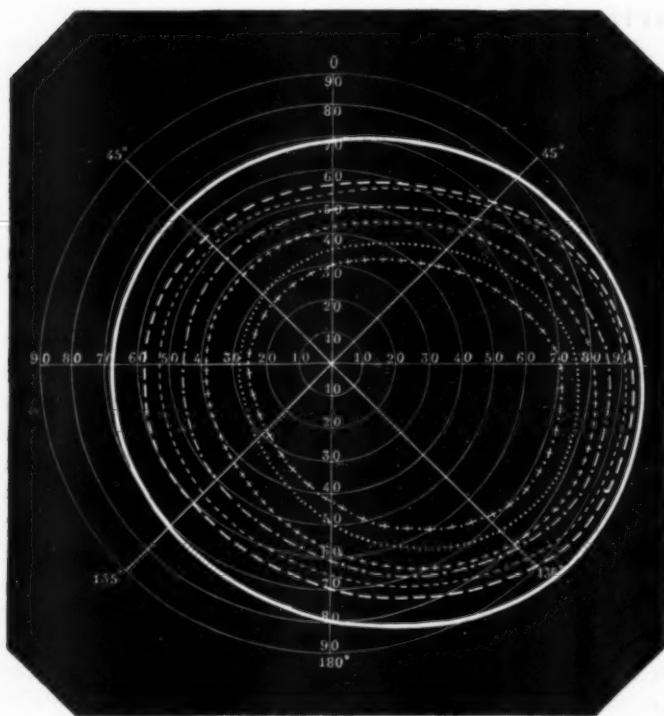


FIG. 3.



FIG. 4.

miner le plus petit écartement que l'on peut donner à deux

points noirs sur fond blanc, ou mieux encore à deux points lumineux infiniment petits, avant qu'ils cessent d'être distingués. — Des recherches ont été faites à ce sujet par différents auteurs et à l'aide de méthodes variées. Ainsi Volkmann, en expérimentant avec des fils d'araignée tendus parallèlement, et avec un système de lignes noires parallèles, sur fond blanc, est arrivé aux résultats suivants, pour la plus petite image rétinienne qui soit encore distinguée dans sa forme. Les parties indiquées à la colonne II ont leur acuité exprimée par les chiffres de la colonne III. Les degrés de la colonne I sont comptés à partir du point de fixation. Nous désignons par V l'acuité visuelle.

I DEGRÉS	II PLUS PETITE image rétinienne.	III VOLKMANN. V	IV LANDOLT. V	V DOR V	VI HIRSCHBERG.
0	0.003	1	1	1	1
10	0.014	0.17	0.07	0.066	0.1
12,30			0.045		
17			0.028		
20	0.033	0.075		0.025	0.05
23				0.014	0.02
30	0.117	0.021	0.020		
31				0.005	
40	0.193	0.013			
50	0.301	0.008			
60	0.412	0.005			

Nous avons expérimenté à l'aide de points, comme l'exige la définition de l'acuité visuelle. Ces points furent introduits dans le curseur du périmètre, et les degrés désignés sont ceux où les points étaient vus séparément.

Nous avons trouvé ainsi les chiffres de la colonne IV. Nous pouvons les représenter graphiquement par les courbes de la figure 5.

La courbe extérieure donne les limites du champ visuel ; la courbe la plus rapprochée du centre correspond à une zone dont l'acuité visuelle est égale à 0,07, la seconde courbe à une zone dont l'acuité est égale à 0,045 et à la troisième l'acuité est de 0,028 et à la quatrième 0,020. Dor et Hirschberg, en se servant

de lettres, ont trouvé ceux de la colonne V et VI pour le côté interne du méridien rétinien horizontal.

Lorsqu'on compare entre eux les résultats des expériences des différents auteurs, Hueck, Volkmann, E. H. Weber, Aubert, Færster, Landolt, Dor, Michel, Dobrowolsky, Gayne, Hirschberg, on s'aperçoit qu'ils ne concordent pas rigoureusement. Ceci n'a

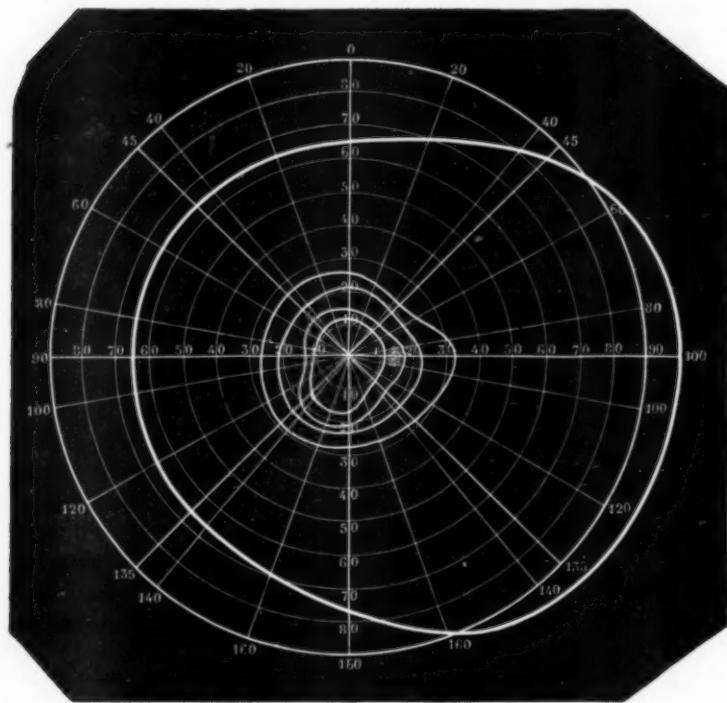


FIG. 5.

rien d'étonnant pour ceux qui ont tenté ces recherches sur l'acuité visuelle indirecte. On constate, qu'il est extrêmement difficile d'indiquer le point précis où la vision cesse d'être distincte, parce que les parties excentriques de la rétine sont peu exercées à différencier les formes des objets. Il n'est que plus désirable qu'on multiplie les recherches dans cette voie.

Les expériences faites jusqu'à ce jour sont cependant suffisantes pour prouver, d'une façon absolue, que l'acuité visuelle diminue très rapidement du centre à la périphérie de la rétine, de telle sorte qu'au delà de 50 degrés du point de fixation la perception des formes n'existe pour ainsi dire plus. Volkmann a cru que cette diminution rapide de l'acuité visuelle était due à un manque de netteté des images fournies, sur les parties excentriques de la rétine, par des rayons formant un angle de plus en plus grand avec l'axe optique de l'œil. Mais Helmholtz et Hermann ont établi par le calcul, Weber, Föerster, Aubert Nuel et nous-même avons constaté par l'observation directe, que les images rétinienennes, formées par des rayons lumineux tombant très obliquement dans l'œil, donnent encore des images très nettes. La perte que subit l'intensité de la lumière par cette incidence oblique ne suffit pas non plus, comme nous l'avons prouvé, pour expliquer la différence énorme de l'acuité visuelle au centre et en dehors du centre de la rétine. Il ne s'agit pas davantage du manque d'exercice; car des cas de strabisme congénital, avec perte de l'autre œil, prouvent que, par l'exercice constant, une partie autre que la macula peut bien gagner en acuité, mais toujours celle-ci reste beaucoup au-dessous de la normale. Nous attribuons donc, Nuel et moi, cette différence d'acuité visuelle à la différence de structure de la rétine qui contient beaucoup plus de cônes et d'éléments nerveux dans la macula et la fosse centrale qu'en dehors du centre¹.

Résumons les résultats de l'exploration de la rétine au point de vue de ses trois fonctions : Nous avons constaté qu'il existe une différence essentielle entre les fonctions du centre et celles des parties excentriques. Ainsi, tandis que la perception lumineuse reste constante jusqu'aux limites des parties de la rétine sensibles à la lumière, la perception des couleurs, bien que conservée jusqu'à ces mêmes limites, décroît rapidement du centre à la périphérie; et la perception des formes décroît dans des proportions bien plus grandes que celle des couleurs. Au 50^e degré, on peut dire que cette dernière a cessé d'exister.

1. Landolt et Nuel, *Græfes Arch. XIX*, I, 1873 et *Ann. d'oculistique*, janvier 1874.

Pour prendre un exemple, posons = 1 les fonctions du centre de la rétine, et désignons par L la perception lumineuse, par C la perception des couleurs et par V l'acuité visuelle.

Nous obtiendrons pour deux points excentriques correspondant à $2^{\circ}23'$ et à $11^{\circ}12'$ du point de fixation, les chiffres contenus dans les colonnes correspondantes.

Centre.	$2^{\circ}23'$	$11^{\circ}12'$
L 1	1	1
C 1	0,5	1,16
V 1	0,33	0,07

Ces faits sont désormais acquis en principe à la science, mais nous devons ajouter qu'il reste encore beaucoup à faire au point de vue des détails. De nombreuses expériences sont nécessaires pour compléter les résultats, et fournir des chiffres plus concluants, sur les rapports qui existent entre les trois fonctions, dans les différentes parties de la rétine. Ainsi il faudrait établir, dans différents méridiens, deux au moins, à des intervalles donnés, et croissant du centre à la périphérie, les valeurs des trois fonctions. Avec ces chiffres on construirait des courbes de décroissance, représentant alors non seulement l'état des fonctions visuelles pour tous les points de la rétine situés sur le méridien donné, mais aussi leurs rapports réciproques. Les altérations de ces courbes seraient autant de symptômes nouveaux pour le diagnostic absolu et différentiel des affections du nerf optique, de la rétine et de la choroïde, de cause locale, de cause constitutionnelle et surtout de cause cérébrale.

On aurait alors l'expression exacte et la représentation graphique des faits que nous n'avons pu que soupçonner et indiquer bien imparfairement dans l'introduction de cet article.

UNE MODIFICATION DE MON TÉLÉMÈTRE

Par le Dr LANDOLT.

Dans le télémètre construit suivant la description que nous en avons donnée au n° 1 de ces Archives, les rayons lumineux les

plus rapprochés de l'axe passent à travers l'ouverture libre des prismes, les rayons excentriques à travers les prismes. Ces derniers se trouvent donc dans des conditions moins avantageuses que les premiers, puisqu'ils passent à travers la périphérie du système de la lunette, et vont à travers les prismes. Il est vrai que cela n'empêche ni la formation d'une image nette, ni l'égalité entre les doubles images. Mais on peut égualiser facilement les conditions des deux faisceaux de rayons qui pénètrent dans l'instrument, en faisant passer les rayons centraux à travers les prismes et les rayons excentriques à travers l'ouverture. Pour cela deux petits prismes non percés sont fixés, à l'aide de fils métalliques, aux disques tournants, et maintenus au centre de la lunette. Ils tournent exactement comme les précédents, seulement ils font dévier les rayons centraux, tandis que les rayons périphériques passent à côté des prismes, par l'espace laissé libre entre eux et la circonference de la monture.

De cette façon on n'a pas besoin de percer les prismes pour obtenir le même effet.

DEUX CAS DE PANNUS GRANULEUX

GUÉRIS PAR L'INOCULATION. — RHUMATISME BLENNORRHAGIQUE, SANS URÉTHRITE, APPARAISANT AVEC LA SUPPURATION CONJONCTIVALE

Par **F. PONGET** (de Cluny).

Le traitement du pannus granuleux par l'inoculation du pus uréthral blennorrhagique est encore, en France, l'objet d'une réserve trop grande pour que nous hésitions à donner ici la relation de deux faits suivis d'un succès complet. L'une de ces observations contient au passif de ce mode de traitement, une complication qui nous paraît aussi devoir contribuer à éclairer l'étiologie du rhumatisme blennorrhagique.

OBSERVATION I. — **M^{me} Car...**, quarante-huit ans, demeurant à Sétif (Algérie), souffrant des yeux depuis quatre ans, arrive à Philippeville conduite par son enfant. Elle est aveugle, ne peut se diriger dans la rue, ni vaquer à aucun soin du ménage. L'œil droit est le siège d'un vaste leucone occupant

toute la cornée, à l'exception d'une légère portion périphérique où il y aurait peut-être à pratiquer une pupille artificielle. L'œil gauche, plus enflammé, offre une conjonctive hérisse de granulations qui envahissent aussi toute la cornée. Celle-ci est un vrai bourgeon charnu : la malade n'a pas la sensation même de la main passant devant l'œil.

L'inoculation fut faite sur l'œil gauche le 2 avril 1878. L'œil droit se prenait douze jours après sans inoculation. Les symptômes résultant de l'inoculation faite avec du pus uréthral aigu furent des plus bénins ; l'écoulement purulent conjonctival fut très modéré, peu de douleurs. La malade ne resta jamais couchée. Le traitement consista dans les premiers jours en lotions fraîches tous les quarts d'heure, faites minutieusement, même la nuit. Plus tard, il fut fait usage de collyre laudanisé, et de sulfate de zinc à $\frac{1}{1000}$.

Deux mois après, en juin, cette malade retourna chez elle, marchant et se conduisant seule. Les deux yeux étaient dans l'état suivant : du côté droit, le leucone n'a nullement été modifié par l'inoculation secondaire, mais il n'y a plus de granulations ; à gauche, la cornée a repris son poli, son vernis épithérial. C'est une membrane transparente, à reflet irisé, opale, derrière laquelle la pupille est très nettement visible. La sclérotique est blanche, ce qui n'avait jamais eu lieu depuis quatre ans. La malade compte les doigts à un mètre et dans sa chambre distingue très bien les objets.

J'ai eu, un an plus tard, des nouvelles de cette malade : la guérison s'était maintenue.

OBS. II. — Scala, terrassier, d'origine italienne, âgé de trente-cinq ans, homme d'une constitution vigoureuse, tempérament autrefois scrofuleux, entre à l'hôpital militaire de Philippeville (salle des Ophthalmiques) le 14 octobre 1877.

Cet homme est littéralement aveugle depuis six mois : non seulement il ne peut plus se conduire seul dans la rue, mais il distingue à peine le jour de la nuit. A l'œil gauche surtout, la sensation de la lumière est presque complètement perdue.

Le malade raconte que n'ayant jamais eu ni rhumatismes, ni maladies syphilitiques, il a commencé à souffrir des yeux en 1875. A cette époque il fut atteint pour la première fois d'une conjonctivite purulente catarrhale, contractée pour avoir dormi en plein air.

Cette affection dura quinze jours et fut traitée au nitrate d'argent à petite dose. La guérison ne fut pas complète, les yeux pleuraient toujours. Six mois après, Scala s'aperçut que sa vue devenait trouble : il entra à l'hôpital, et en sortit sensiblement amélioré, mais non complètement guéri, car l'affection ne tarda pas à reparaitre avec une nouvelle intensité.

Cet état dura un an, avec des alternatives de mieux et de mal ; enfin étant entièrement aveugle, il revint à l'hôpital dans l'état suivant (14 octobre 1877) :

Les deux cornées sont entièrement recouvertes d'un pannus épais, granuleux en certains points, rouge et tomenteux. La cornée gauche offre une plus grande épaisseur de ces véritables bourgeons, derrière lesquels il est impossible de reconnaître l'iris.

Les conjonctives sont injectées, les muqueuses palpébrales supérieures et inférieures sont garnies de véritables granulations indurées ; les culs-de-sac contiennent un muco-pus abondant, et des follicules hypertrophiés très nombreux. Les cartilages tarses dans les deux yeux sont désorganisés et réduits à une masse cylindrique irrégulière de 2 à 3 millimètres, bordant les paupières. Quelques cils déviés viennent frotter les cornées et augmenter l'irritation.

Après avoir essayé pendant un mois différents traitements sans obtenir la moindre amélioration, voyant au contraire le pannus augmenter, l'acuité visuelle toujours nulle, et jugeant le cas au-dessus des ressources ordinaires, je me décidai le 14 novembre à pratiquer l'inoculation du pus blennorrhagique dans l'œil gauche, le plus malade.

15 nov. — A la suite de l'inoculation, nous remarquons une conjonctive légère ; mais le soir, tous ces symptômes ont disparu.

16 nov. — Kérato-conjonctivite très intense : l'œil est injecté, donne issue à un pus séreux, mal lié. La région péri-orbitaire est douloureuse.

Traitements. — Lotions fraîches pratiquées tous les quarts d'heure avec de l'eau phéniquée au millième.

17 nov. — L'inflammation augmente d'intensité : chémosis assez considérable. Douleurs frontales intolérables. Même traitement. Potion opiacée.

18. — Diminution du chémosis. — Nuit calme. — Peu de douleurs ; la sécrétion purulente continue très abondante.

22. — Cet état se maintient jusqu'au 22, jour où nous commençons des instillations de nitrate d'argent à 1/600. — Lotions phéniquées.

25. — La suppuration continue, mais les douleurs ne sont pas revenues et le chémosis a disparu.

La cornée apparait recouverte de granulations d'un rouge cerise, confluentes et coniques.

L'autre œil, à peine protégé, tant nous nous attendions à une inoculation spontanée, désirée même, est toujours resté dans son état primitif.

10 déc. — L'œil est toujours vascularisé ; mais la sécrétion a beaucoup diminué, les douleurs péri-orbitaires ont tout à fait disparu et le malade pour la première fois perçoit la lumière. (Collyre laudanisé au sulfate de zinc.)

A ce moment, Scala, qui de sa vie n'avait jamais eu de rhumatismes, nous déclare qu'il souffre depuis huit jours du genou gauche. Celui-ci est en effet plus volumineux que le droit. Il est empâté, et contient un peu de liquide ; du reste, pas de rougeur ni de chaleur à la peau.

Les bruits du cœur sont absolument normaux. — Il n'existe pas le *moindre écoulement uréthral*. — Cet homme est marié et nie avoir jamais eu aucun accident vénérien.

13. — La cornée est toujours granuleuse ; en quelques points elle offre une teinte cicatricielle blanchâtre.

Le genou gauche mesure 3 centimètres de plus que l'articulation opposée. La douleur y est plus vive. (Vésicatoire, copahu).

14. — Même état de l'œil : douleurs dans les articulations des doigts, des poignets et au genou droit qui est empâté autour de la rotule. — Craque-

ments à la flexion du genou gauche. (Vésicatoire, copahu, nitr.). — Diminution des douleurs articulaires ; le genou droit a repris son volume normal, le gauche a beaucoup diminué. — Rien au cœur.

Depuis le commencement de ces douleurs, sauf un jour, la température n'a jamais dépassé 37,5.

L'état de l'œil s'améliore de plus en plus : diminution de la sécrétion, ouverture libre des paupières, perception de la lumière et des formes, encore vague, il est vrai ; tels sont les symptômes nouveaux.

2 janv. — Les deux genoux ont repris à peu près leur état normal. La douleur est à peine sensible à gauche, bien qu'il y ait encore de la raideur.

L'acuité visuelle n'a pas beaucoup augmenté. (Collyre laudanisé.)

9 janv. — Le malade marche sans souffrances ; les autres articulations sont libres.

Depuis trois jours la cornée gauche est devenue beaucoup plus transparente. Un voile opalescent très léger, comme un vernis, a remplacé les houppes vasculaires consécutives à l'inoculation. Les sclérotiques deviennent blanches.

Les paupières, que nous retrouvons pour la première fois, n'offrent plus l'aspect hérisssé constaté à l'entrée du malade. Plus de papilles plates. La muqueuse est lisse, forte injectée il est vrai, épaisse encore, parcourue par des sillons cicatriciels, mais il n'y a plus de rugosités charnues près du bord libre ni aux angles, ni à la fin du tarse.

Le malade distingue les traits du visage d'une personne qui lui parle et compte les doigts à un mètre de distance, avec cet œil gauche qui était privé de toute sensation lumineuse, il y a deux mois.

Scala rentre à l'hôpital le 24 mars, venant demander pour l'œil droit la même méthode de traitement employé pour l'œil gauche. — L'inoculation que nous attendions spontanément ne s'étant pas faite dans cette première période, nous la pratiquons à l'œil droit le 27 mars.

Nous ne décrirons pas une deuxième fois les phénomènes d'inoculation : ils ont été en tout semblables à ceux de l'œil gauche. Au bout de trois jours l'inflammation s'est franchement déclarée ; l'œil a suppuré pendant une dizaine de jours, avec chémosis, gonflement de paupières et douleurs péri-orbitaires. L'œil guéri ne s'est point réinoculé.

Au huitième jour, se produisirent sur le genou droit des phénomènes d'arthrite absolument analogues à ceux que nous avons consignés pour le genou gauche lors de la première inoculation. Ils furent moins intenses et bornés au genou droit ; mais s'accompagnèrent d'hydarthrose, de gonflement général.

Au quinzième jour, la vue de l'œil droit commençait à s'éclaircir, et le malade marchait.

A la fin de juin les douleurs arthritiques avaient disparu.

Scala sortant de l'hôpital, pouvait se conduire seul, distinguant le visage des personnes, comptant les doigts à un mètre, et reconnaissant la forme d'une mosquée, située à 800 mètres de l'hôpital.

Je revois Scala le 28 novembre 1878, c'est-à-dire près d'un an après sa première entrée à l'hôpital : cet homme, qui était aveugle depuis deux ans, va travailler dans les champs et taille sa vigne. L'état des yeux est le suivant :

Œil gauche : Conjunctive blanche, sauf un ou deux vaisseaux à l'équateur. La cornée est saine, très transparente à la périphérie, et laissant voir la teinte brune de l'iris; le sommet de la cornée offre seul une teinte opalescente de cicatrice.

Il n'existe plus aucune granulation sur les paupières; celles-ci sont remplacées par des sillons cicatriciels radiés.

Œil droit : L'état de cet œil est plus satisfaisant encore : la conjonctive sclérotique est blanche; un ou deux petits vaisseaux marchent latéralement vers la cornée; mais cette dernière membrane est moins opalescente que celle du côté gauche. Les paupières n'ont plus de granulations.

En ouvrant les deux yeux, Scala compte les doigts à 3 mètres. Il ne sait pas lire, mais il reconnaît les figures diverses des échelles à une distance qui permet de chiffrer à 1/20 au minimum l'acuité visuelle des deux yeux.

Dans les deux observations précédentes, les conditions exigibles pour l'inoculation étaient remplies; les deux yeux étaient pris et surtout, phénomène qui semble diminuer les dangers du côté de la cornée, cette dernière membrane était vasculaire. Le succès, comme toujours, a couronné ces deux tentatives et nous devons nous étonner de constater la répugnance des médecins français à recourir à cette méthode. Dans une excellente thèse (Paris 1880, n° 30) où il a condensé les statistiques récentes, M. Berthelot prouve combien ce moyen, tenté la première fois par Jaeger à Vienne (1812), a eu de succès à l'étranger : — Pringer sur 618 cas voit le pannus disparaître cinquante-neuf fois et compte trente-quatre succès; — Van Roosbrœck pratique cent inoculations, sans aucun accident grave; — Hairion en dix ans compte à Louvain vingt-six succès; — Rader en Angleterre publie cent soixante-dix-sept inoculations sur cent douze sujets; — Warlomont, le plus énergique défenseur de ce traitement, enregistrait déjà en 1854 trente observations, trente succès, et depuis les guérisons n'ont plus été publiées.

En France, au contraire, la froideur la plus invincible accueille l'inoculation; depuis la première tentative de Rivaut Landrau en 1855, les exemples en sont très rares. Sichel fils, observant une inoculation fortuite et heureuse, a eu deux ou trois fois recours à cette méthode; Brière, son élève, a publié dix observations depuis 1873; Abadie et Panas comptent aussi quatre succès en 1878.

Cependant de Wecker n'approuve ce procédé qu'avec beaucoup de réserve, et sa pratique en compte peu d'exemples. Galezowski se déclare très nettement l'ennemi de ce traitement. « Pour

notre part, dit-il, nous ne pouvons accepter cette méthode, à cause du danger qu'elle peut présenter dans le cas où les abcès et la nécrose de la cornée viendraient à se déclarer. » (*Traité des maladies des yeux*, 1875, p. 288.)

C'est en effet la seule objection élevée contre l'inoculation : la perforation de la cornée ; or la pratique prouve que dans les cas de vascularisation de la membrane transparente, celle-ci résiste parfaitement à l'inflammation provoquée. Depuis Jaeger, il est vrai, d'autres auxiliaires puissants ont été introduits pour combattre le pannus : la tonsure conjonctivale, les antiseptiques, la cautérisation palpébrale, l'incision externe, ont modifié beaucoup le pronostic de l'affection, mais nous pensons que l'inoculation restera dans certains cas invétérés, récidivants, incurables, une précieuse et incontestable méthode de guérison. En Afrique surtout où, dans certaines villes, l'affection granuleuse endémique atteint près de 50 0/0 des enfants dans les écoles, elle nous semble être une ressource ultime trop souvent négligée.

Notre deuxième observation est surtout intéressante par le développement bizarre, intercurrent, d'un rhumatisme articulaire blennorrhagique, typique, correspondant à chaque inoculation. Première introduction de pus uréthral sur la conjonctive gauche le 14 novembre. — La suppuration oculaire s'établit et alors qu'elle avait beaucoup diminué, le 10 décembre, plus d'un mois après, survient une arthrite blennorrhagique, classiquement à gauche, avec épanchement de liquide, gonflement. Dans les jours suivants (14 déc.), le genou droit, les poignets, les doigts se prennent plus légèrement. — Puis le 9 janvier tout rentre dans l'ordre : le malade marche, les genoux sont libres. Dans cette atteinte la température n'a pas dépassé 37, 5; et jamais il n'y avait eu le moindre écoulement de l'uréthre. Malgré des investigations répétées, Scala affirme n'avoir point eu d'écoulement. Cet aveu ne lui coûterait nullement, s'il avait à le faire. Il n'a jamais eu non plus la moindre douleur articulaire. Il est vigneron, travaillait aux champs, et repousse très énergiquement toute diathèse rhumatismale. Notre malade sort de l'hôpital, ne s'aperçoit de rien pendant son séjour dans sa maison, assez peu confortable et à la période humide de l'année.

Rentrant à l'hôpital, où il se trouve relativement heureux et dans une bonne hygiène, il subit une seconde fois l'inocu-

lation de pus uréthral, dans l'œil droit, le 24 mars. Notons en passant ce fait en cas anormal d'un œil non protégé ne s'inoculant point par son voisin, qui est en pleine suppuration.

La conjonctivite purulente artificielle s'établit, mais au huitième jour le *genou droit* se reprend à nouveau et gonfle. Des douleurs articulaires subaiguës, en tout semblables aux premières, persistent jusqu'au mois de juin, c'est-à-dire pendant deux mois et demi, puis tout disparaît. Nous avons revu ce malade un an après, sans qu'il nous parle de ses douleurs rhumatismales, qui n'avaient plus reparu, malgré ses occupations pénibles, ses courses dans les champs et son habitation insalubre.

En parcourant avec soin les faits d'inoculations relevés dans les mémoires de Bader et de Warlomont (*Ann. d'oculistique*, t. XXXIII et LVIII), on constate qu'aucune de ces observations, non plus que celles de Brière et Panas, ne mentionne cette complication. Il nous semble cependant nous souvenir que Galezowski l'a signalée incidemment dans une observation de conjonctivite purulente chez des petits enfants contagionnés dans une même famille par un de leurs frères.

Malgré sa rareté, un seul fait bien établi, et le nôtre nous paraît se ranger dans cette catégorie, suffit pour ébranler les hypothèses qui ne cadrent pas avec lui. Or, si nous remontons aux théories actuellement en vigueur sur la nature du rhumatisme blennorrhagique, il faudra convenir que quelques-unes ne se concilient guère avec notre observation. Besnier, traitant la question du rhumatisme dans un article fort complet et qui fait autorité (*Dictionnaire des sciences médicales*), avoue qu'aucune des conceptions établies pour expliquer les relations de la blennorrhagie et du rhumatisme n'a pu rallier une majorité consistante, ni s'imposer.

Ni la métastase, ni la sympathie organique, ni l'action réflexe, ni l'absorption du principe virulent, ni l'infection pyohémique par résorption lente du pus à la surface des muqueuses enflammées, ne lui paraissent suffisamment appuyées.

Au milieu de ces hypothèses, le fait que nous publions semble devoir provoquer l'élimination de quelques théories. La *coïncidence fortuite*, en premier lieu, tombe devant les considérations suivantes : que notre malade n'avait jamais eu de rhumatisme articulaire avant sa suppuration blennorrhagique conjonctivale,

qu'il a été pris de ces gonflements articulaires avec hydarthrose, à chaque inoculation, et qu'enfin après sa blennorrhée oculaire, il n'a plus eu d'affection articulaire.

M. Besnier admet, en dernière analyse, qu'il ne serait pas impossible qu'il existât dans l'urètre une région *limitée*, un point, une zone *rhumatogène*, dont pourraient s'accommoder à la fois la théorie de la sympathie, de l'action réflexe et même de l'absorption pyohémique.

En tout cas, il conviendra dès maintenant d'admettre, soit une autre zone rhumatogène localisée dans la conjonctive palpébrale, soit une action réflexe ou sympathique pouvant partir tout aussi bien de l'œil que de l'urètre. Et alors la théorie des zones réparties sur plusieurs muqueuses est fortement ébranlée.

Après examen de ces doctrines, si judicieusement critiquées en 1867 par Peter à la Société médicale des hôpitaux, c'est avec la théorie de la résorption soutenue par Lasègue, avec l'altération du sang produite par l'inoculation, que nous paraît le mieux cadrer le fait rare dont nous venons de donner la relation, tout en déplorant que nos études d'hématologie ne nous permettent pas de saisir le mécanisme de l'empoisonnement, ni surtout de découvrir le corps du délit.

Cependant il ne faut pas oublier que Malassez a constaté chez les blennorrhagiques une augmentation assez considérable de globules blancs et, l'on peut admettre que la présence de ces éléments dans la circulation capillaire des articulations n'est peut-être pas étrangère au développement du rhumatisme.

TRAVAUX DU LABORATOIRE DE CLINIQUE OPHTALMOLOGIQUE
DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE LYON

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE

THEORIE DE L'ASTIGMATISME

Par C. J. A. LEROY, médecin aide-major au 3^e régiment de hussards (Lyon).

La question de la réfraction et de la réflexion est traitée dans les livres classiques pour le cas particulier seulement où l'incidence des rayons est sensiblement normale, la surface étant

sphérique. C'est dans ces conditions que s'appliquent les simplifications admirables dues aux travaux connus de Gauss, Listing, Bravais, etc.

Dans tout autre cas, qu'il s'agisse d'une surface sphérique l'incidence étant oblique, ou d'une surface quelconque l'incidence étant quelconque, la question est seulement indiquée, quelquefois ébauchée, jamais traitée complètement.

Sturm a donné la marche d'un pinceau lumineux très mince dans le cas le plus général que l'on puisse imaginer, mais il s'en est tenu là sans traiter la question de l'image d'un objet ni dans ce cas général ni dans aucun cas particulier. C'est cette étude que nous allons aborder en suivant la méthode classique connue; nous ferons d'ailleurs dériver le cas d'une surface quelconque de celui de la sphère. La longueur de l'exposition sera largement compensée par les résultats pratiques acquis chemin faisant.

L'importance théorique et physiologique de cette étude se justifie par cette considération que les surfaces de séparation des milieux de l'œil ne sont ni sphériques ni centrées sur un axe commun, et que d'ailleurs l'incidence des rayons peut se faire suivant une direction autre que l'axe de ces surfaces; que pour les yeux astigmates un pinceau quelconque tombant sur la rétine est astigmate comme celui de Sturm; que pour beaucoup d'yeux emmétropes, sinon pour la grande majorité, le pinceau a encore cette même forme astigmate dans certains milieux intermédiaires, comme celui de l'humeur aqueuse, par exemple. Enfin, nous aurons l'occasion déjà, dans ce travail, de montrer, outre les résultats acquis, les progrès que la théorie promet à l'étude ultérieure de l'œil faite dans les conditions qu'elle prescrit.

PREMIÈRE PARTIE

I. — *Le lieu géométrique des points de concours, après réfraction ou réflexion par une surface sphérique, des rayons d'un pinceau lumineux infiniment mince, se compose de deux*

segments infiniment petits de lignes droites; ces deux lignes droites ou lignes locales appartenant l'une à la normale du point lumineux par rapport à la sphère, l'autre à une perpendiculaire menée au plan déterminé par cette normale et par le point d'incidence central du pinceau.

Prenons pour plan de la figure 1 le plan de réfraction du rayon central du pinceau : ce plan coupe le pinceau suivant un certain nombre de rayons dont les points d'incidence se trouvent de part et d'autre du point d'incidence central M; ces rayons se coupent en un point P qui appartient à la caustique

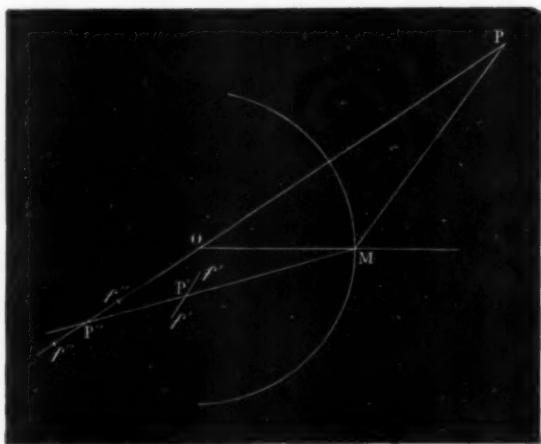


FIG. 1.

du point P par rapport à la sphère, et ils rencontrent la ligne PO en différents points situés de part et d'autre du point P'' qui appartient au rayon central. Si l'on fait tourner cette figure autour de PO comme axe, quelle que soit sa position, elle ne cessera d'être le plan de réfraction commun à tous les rayons qui rencontrent la circonférence dans ses différentes positions; le point P décrira un cercle de révolution de la surface caustique et les points tels que P'' resteront fixes. A cause des limites infiniment petites du pinceau, nous pouvons considérer le segment de circonférence décrît par le point P comme une ligne droite $f'P'f$ perpendiculaire au plan de figure; appelons f'' les

points extrêmes où les rayons rencontrent la ligne PO. Les deux lignes $f'P'f$ et $f''P''f''$ sont les lignes focales de Sturm pour ce cas particulier. On voit que la première ligne focale $f'P'f$ reçoit tous les rayons du pinceau considérés comme appartenant à des sections menées suivant la ligne PO, et que la ligne focale $f''P''f''$ reçoit tous les rayons du pinceau considérés comme appartenant à des sections perpendiculaires aux précédentes.

Il ne peut exister de point de concours en dehors de ces deux lignes focales; car si ce point existait, deux rayons réfractés au moins passeraient par ce point et seraient dans un même plan; or ces rayons s'appuyant sur deux lignes focales, celles-ci devraient se trouver dans ce plan, ce qui est impossible.

La même démonstration s'applique identiquement au cas de la réflexion.

Remarque. — L'exactitude des propositions qui précédent repose sur ces deux conditions: 1^o que tous les rayons contenus dans le plan PMO se rencontrent en un point unique; 2^o que les segments de circonférence décrits par des points tels que M, P, etc., autour de l'axe PO sont des lignes droites. Nous allons montrer qu'il en est réellement ainsi à un infiniment petit du deuxième ordre près.

Le pinceau ayant sur la surface un diamètre infiniment petit et les points où ses rayons se rencontrent dans un milieu ou dans l'autre n'étant pas à une distance infiniment petite de la surface, l'angle sous lequel ces rayons se rencontrent est tout au plus un infiniment petit du premier ordre. Le diamètre du pinceau à une distance quelconque p du point de concours des rayons sera donc $p > d\omega$, $d\omega$ étant la tangente trigonométrique de l'angle du pinceau; si l'on fait varier p d'une quantité infiniment petite dp , le diamètre de la section variera de la quantité $dp \times d\omega$, qui est un infiniment petit du deuxième ordre, donc :

La section d'un pinceau lumineux infiniment mince est identique à un infiniment petit de deuxième ordre, quand le lieu de cette section varie tout au plus d'un infiniment petit du premier ordre.

Les rayons du plan de figure qui concourent en réalité deux à deux sur un élément tangentiel de la caustique peuvent donc être considérés comme concourant en un même point, puisque leurs points de concours réels ne sont distants de celui-là tout

au plus que d'un infiniment petit du premier ordre. Ce qu'il faudra entendre par ligne focale est donc, non pas le lieu géométrique des points de concours des rayons du pinceau dans l'espace, mais le lieu des points où les rayons coupent un écran placé à la distance MP ou MP' ; le lieu réel de ces points dans l'espace étant une surface de la caustique d'un diamètre qui est de l'ordre de grandeur de la base du pinceau sur la surface, de la ligne focale, etc.

Soit (fig. 2) une circonference de cercle et une tangente MT en M ; menons la droite OT , et soit A le point où elle rencontre la circonference; AT représente l'erreur commise en assimilant

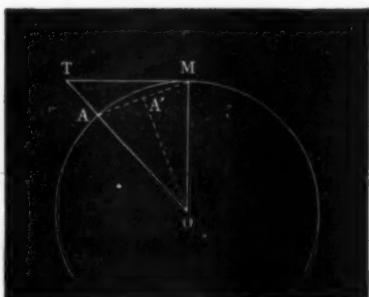


FIG. 2.

l'arc MA à sa tangente MT . Or MA étant infiniment petit l'angle AOM est infiniment petit, par suite l'angle $AMT = A'OM$, A' étant le milieu de MA , est aussi infiniment petit; donc AT est un infiniment petit du deuxième ordre.

DÉTERMINATION DES POINTS P' ET P'' .

II. — Prenons encore pour plan de la figure 3 le plan de réfraction du rayon central PM ; posons $PM = p$, $P'M = p'$, $P''M = p''$. R étant le rayon de la sphère, α et β les angles d'incidence et de réfraction du rayon central, liés par la relation $\sin \alpha = n \sin \beta$. Soit N le point d'incidence d'un rayon du plan de figure; ce rayon après réfraction reste encore dans le plan de figure et passe par le point P' ; abaissons de M les perpen-

diculaires MB et MB' sur les rayons incident et réfracté PN et $P'N$. Les angles MPB et $MP'B'$ étant infiniment petits, nous pouvons considérer MB comme perpendiculaire à PM , et MB' comme perpendiculaire à $P'M$, et, par suite :

$$NMB = \alpha \quad NMB' = \beta.$$

La surface du triangle PMN considéré comme ayant MN pour base et P pour sommet a pour expression $\frac{1}{2} MN p \cos \alpha$; cette même surface considérée comme la différence du quadrilatère ONPM et du triangle OMN a pour expression, en remarquant que la surface du quadrilatère est la différentielle de la surface du triangle OMP, soit $OMP = \frac{1}{2} R p \sin \alpha$:

$$\frac{1}{2} \mathbf{R} (p \cos \alpha \, d\alpha + \sin \alpha \, dp) - \frac{1}{2} \mathbf{R} \cdot \mathbf{M} \mathbf{N}.$$

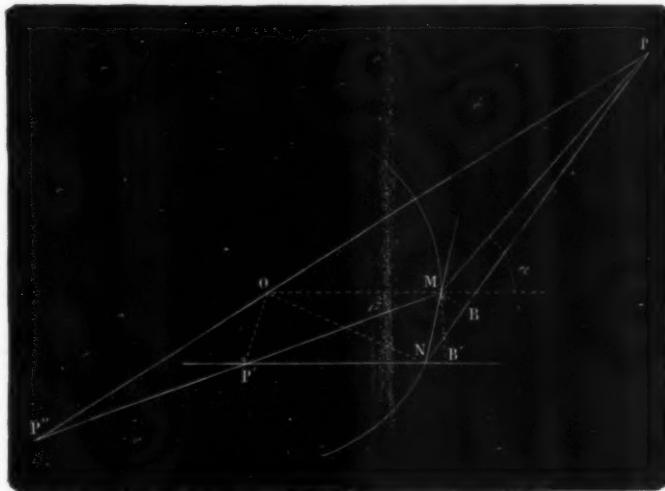


FIG. 3.

En égalant entre elles ces deux expressions de la même surface, on a :

$$R(p \cos \alpha \, dx + \sin \alpha \, dp) - R.MN = MNp \cos \alpha.$$

De même le triangle MP'N a pour surface, en considérant MN

comme base et P' comme sommet, $\frac{1}{2} MNp' \cos \beta$; et l'on peut considérer aussi cette surface comme la différence des aires du quadrilatère $OP'NM$ et du triangle $OP'M$ et comme,

$$\begin{aligned} \text{Surf. } OP'NM &= \text{Surf. } OP'N + \text{Surf. } ONM, \\ \frac{1}{2} MNp' \cos \beta &= \text{Surf. } OP'N + \text{Surf. } ONM - \text{Surf. } OP'M, \\ &= \text{Diff. surf. } OP'M + \text{surf. } ONM, \\ &= \text{diff. } \frac{1}{2} Rp' \sin \alpha + \frac{1}{2} R.MN \\ MNp' \cos \alpha &= R(dp' \sin \beta + d\beta p' \cos \beta) + R.MN. \end{aligned}$$

Or les triangles rectangles MNB et MNB' donnent :

$$dp = BN = MN \sin \alpha, \quad dp' = -B'N = -MN \sin \beta.$$

Portant ces valeurs de dp et dp' dans les relations, elles deviennent :

$$\begin{aligned} Rp \cos \alpha \, dx &= MN(p \cos \alpha + R \cos^2 \alpha), \\ Rp' \cos \beta \, d\beta &= MN(p' \cos \alpha - R \cos^2 \beta). \end{aligned}$$

Divisons membre à membre et remplaçons $\frac{d\alpha}{d\beta}$ par la valeur égale $\frac{n \cos \beta}{\cos \alpha}$ déduite par différentiation de la relation $\sin \alpha = n \sin \beta$:

$$\frac{np}{p'} = \frac{p \cos \alpha + R \cos^2 \alpha}{p' \cos \beta - R \cos^2 \beta}.$$

Ou, en chassant les dénominateurs et divisant par $pp'R$:

$$\frac{\cos^2 \alpha}{p} + \frac{n \cos^2 \beta}{p'} = \frac{1}{R} (n \cos \beta - \cos \alpha). \quad (1)$$

En exprimant que la somme des surfaces des triangles $OP'M$ et POM est égale à la surface du triangle $PP'M$, on a :

$$\begin{aligned} Rp' \sin \beta + Rp \sin \alpha &= pp' \sin(\alpha - \beta), \\ \frac{1}{p} + \frac{n}{p'} &= \frac{1}{R} (n \cos \beta - \cos \alpha) \quad (2) \end{aligned}$$

La même méthode appliquée au cas de la réflexion (sur la surface convexe) donne les relations :

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = -\frac{2}{R \cos \alpha} \quad (3) \quad \frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = -\frac{2 \cos \alpha}{R} \quad (4)$$

III. — Chacune des formules 1 et 2 offre à considérer, comme la formule classique, deux points focaux principaux. Nous appelle-

lerons Φ le foyer principal dans le premier milieu des rayons de la section du plan de figure; Φ' le foyer principal de cette même catégorie de rayons dans le deuxième milieu; les foyers analogues des rayons appartenant à une section perpendiculaire à la précédente seront Φ_1 et Φ'_1 . Les distances de ces points à la surface seront représentées par la petite lettre φ accentuée de la même manière.

Pour simplifier le langage nous donnerons le nom de *sections primaires* à celles dont les rayons concourent sur la première ligne focale dont la position est donnée par la formule 1, et de *sections secondaires* à celles dont les rayons concourent sur la deuxième ligne focale dont la position est donnée par la formule 2.

En donnant à p dans la formule 1 la valeur :

$$\varphi_1 = \frac{R \cos^2 \alpha}{n \cos \beta - \cos \alpha} \quad (5), \quad \text{on a } p' = \infty.$$

De même, en donnant dans la formule 2 à p la valeur :

$$\varphi_2 = \frac{R}{n \cos \beta - \cos \alpha} \quad (6), \quad \text{on a } p'' = \infty.$$

De même, en faisant dans ces formules $p = \infty$, on a :

$$\varphi'_1 = \frac{R n \cos^2 \beta}{n \cos \beta - \cos \alpha}, \quad (7)$$

$$\varphi'_2 = \frac{R n}{n \cos \beta - \cos \alpha} \quad (8)$$

Remarquons que $\varphi_1 < \varphi_2$ et $\varphi'_1 < \varphi'_2$, n étant supposé plus grand que l'unité et par suite $\alpha > \beta$.

La discussion de chacune des formules 1 et 2 conduite comme celle de la formule classique, donne pour chacune d'elles des conclusions que nous résumons dans le tableau suivant :

FORMULE (1)

P à l'infini.	P' au point Φ'_1 .
P entre l'infini et Φ_2 .	P' réel, s'éloigne.
P au point Φ_2 .	P' id.
P entre Φ_2 et Φ_1 .	P' id.
P au point Φ_1 .	P' atteint l'infini.
P entre Φ_1 et la surface	P' virtuel, se rapproche.
P sur la surface.	P' sur la surface.

FORMULE (2)

P'' au point Φ'_2 .
P'' réel, s'éloigne.
P'' réel, atteint l'infini.
P'' virtuel, se rapproche.
P'' id.
P'' virtuel, id.
P'' sur la surface.

Jusqu'alors les rayons émanés du point P tombaient sur la surface en divergeant; supposons que le point P continue son chemin au delà de la surface, suivant la même direction, les rayons lumineux venant toujours du même milieu et tombant sur la surface en convergeant; ce que nous exprimerons en disant que le point P est virtuel et en changeant le signe de p dans les formules 1 et 2. Alors p' et p'' sont toujours positifs quelle que soit la valeur absolue de p , c'est-à-dire que toujours les rayons se rencontrent dans le deuxième milieu en un point réel, qu'ils appartiennent à une section primaire ou à une section secondaire. Nous allons montrer qu'il existe une position du point P virtuel extrêmement remarquable pour laquelle les points P' et P'' sont confondus en un point unique réel.

Les formules 1 et 2 donnent :

$$\begin{aligned}\frac{1}{p'} - \frac{1}{p''} &= \operatorname{tg}^2 \beta \frac{1}{n} \left(\frac{n \cos \beta - \cos \alpha}{R} + \frac{n^2 - 1}{p} \right) \\ &= \operatorname{tg}^2 \beta \frac{1}{n} \left(\frac{1}{\varphi_2} + \frac{n^2 - 1}{p} \right) \\ \frac{1}{p'} + \frac{1}{p''} &= \frac{p(1 + \cos^2 \beta) - \varphi_2 \cos^2 \alpha + \cos^2 \beta}{pn\varphi_2 \cos^2 \beta}.\end{aligned}$$

On voit que la différence $\frac{1}{p'} - \frac{1}{p''}$ est toujours positive tant que p est positif, mais que la somme est négative quand

$$p < \varphi_2 \frac{\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta}{1 + \cos^2 \beta},$$

c'est-à-dire que pour

$$p = \varphi_2 \frac{\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta}{1 + \cos^2 \beta},$$

on a $\frac{1}{p'} = \frac{1}{p''}$ en valeur absolue.

L'interprétation de ces résultats est facile à l'aide du tableau ci-dessus : tant que le point P marchant vers la surface n'a pas atteint le point Φ_2 , les deux points P' et P'' sont réels et le point P' est le plus rapproché de la surface; quand P vient à dépasser le point Φ_2 , le deuxième point conjugué seul P'' est virtuel et il est toujours à une distance de la surface plus grande que P' ; mais, le point P continuant sa marche, la distance du point P'' diminue en valeur absolue, tandis que celle de P' augmente toujours et tend vers l'infini. Il y a donc une position du point P

intermédiaire à Φ_1 et à Φ_2 telle que le foyer réel P' et le foyer virtuel P'' sont à des distances égales de part et d'autre de la surface.

A partir de ce moment, le point P' ne cesse pas d'être le plus éloigné ; enfin quand le point P est sur la surface, les points P' et P'' s'y trouvent également confondus.

Quand p devient négatif, on voit que la somme $\frac{1}{p'} + \frac{1}{p''}$ est toujours positive, mais que la différence $\frac{1}{p'} - \frac{1}{p''}$, d'abord négative quand P est très voisin de la surface, décroît progressivement, s'annule et redevient positive. C'est-à-dire que, p' et p'' étant toujours positifs, quand le point P quitte la surface, le point P'' est d'abord le plus rapproché ; puis P' et P'' finissent par se confondre et, à partir de ce moment, c'est le point P' qui se trouve de nouveau le plus près de la surface.

La position pour laquelle les deux points P' et P'' , réels tous deux, se confondent dans le deuxième milieu est donnée par

$$\begin{aligned} -p &= (n^2 - 1)\varphi_2 = \frac{(n^2 - 1)R}{n \cos \beta - \cos \alpha} \\ -p &= R(n \cos \beta + \cos \alpha). \end{aligned} \quad (9)$$

Jusqu'alors nous n'avons étudié que l'effet de la variable p ; si nous supposons p constant et α variable, on voit immédiatement que la différence

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p''} = \operatorname{tg}^2 \beta \frac{1}{n} \left(\frac{1}{\varphi_2} + \frac{n^2 - 1}{p} \right)$$

augmente quand β augmente, car $\operatorname{tg}^2 \beta$ augmente et

$$\frac{1}{\varphi_2} = \frac{n \cos \beta - \cos \alpha}{R} = \frac{n^2 - 1}{R(n \cos \beta + \cos \alpha)}$$

augmente également.

IV. — La discussion des formules de la réflexion

$$\begin{aligned} \frac{1}{p} - \frac{1}{p'} &= -\frac{2 \cos \alpha}{R}, \\ \frac{1}{p} - \frac{1}{p''} &= -\frac{2}{R \cos \alpha}, \end{aligned}$$

montre que p ayant une valeur positive quelconque, les deux valeurs de p' et de p'' sont toujours négatives tant que R est

positif, c'est-à-dire tant que le miroir est convexe ; les valeurs négatives correspondent d'ailleurs à la position des points P' et P'' derrière le miroir, c'est-à-dire que ces points sont virtuels.

Quand le point P est sur le miroir, les deux points conjugués y sont également ; puis, P devenant virtuel, on rencontre deux positions particulières φ_1 et φ_2 , définies par les relations

$$\varphi_1 = - \frac{R \cos \alpha}{2} \quad \varphi_2 = - \frac{R}{2 \cos \alpha},$$

entre lesquelles il y a une position du point P :

$$-p = \frac{R \cos \alpha}{1 + \cos^2 \alpha},$$

pour laquelle les deux points P' et P'' sont à égale distance du miroir, mais de part et d'autre.

Il n'y a aucune position du point lumineux réel ou virtuel pour laquelle les deux points P' et P'' soient confondus.

On trouve que :

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p''} = \frac{2}{R} \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha,$$

mais il ne faut pas conclure de là que l'astigmatisme du pinceau tombant sous l'incidence α est indépendant de la position du point lumineux ; la seule manière de définir l'astigmatisme du pinceau est d'en donner l'intervalle focal $p'' - p'$ qui, dans le cas actuel, varie considérablement suivant la position du point lumineux.

CONSTRUCTION DU RAYON RÉFRACTÉ ET DÉTERMINATION DES POINTS FOCaux PRINCIPAUX POUR UNE INCIDENCE QUELCONQUE.

V. — *Le lieu des points P tels que les deux points conjugués P' et P'' soient confondus en un seul point P' , est une sphère concentrique à la sphère réfringente d'un rayon R_n , R désignant le rayon de la sphère réfringente, n l'indice de réfraction relatif ; et le lieu des points P' est une sphère de rayon $\frac{R}{n}$ concentrique aux précédentes. De plus, les points P' et P'' qui se correspondent, se trouvent sur le même rayon et du même côté du centre.*

Puisque $p' = p''$, on a, en retranchant membre à membre la relation 1 de la relation 2.

$$\frac{\sin^2 \alpha}{p} + \frac{n \sin^2 \beta}{p'} = 0,$$

ou

$$\frac{-p}{p'} = n.$$

Le point P et le point P' (fig. 4) sont dans le milieu réfringent, et M étant le point d'incidence central, on a :

$$\frac{MP}{MP'} = n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

Menons la ligne droite PP'; elle rencontre le rayon du point

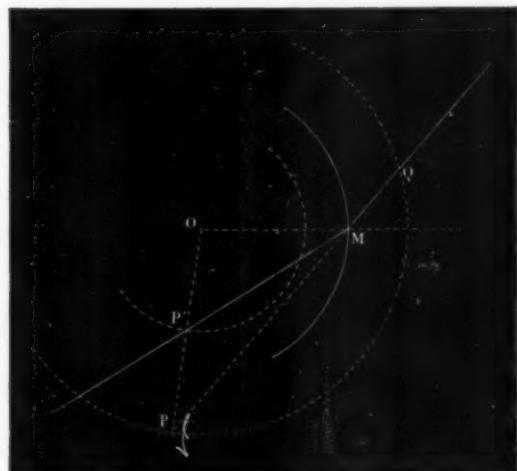


FIG. 4.

d'incidence en un certain point O; le triangle PMP' donne :

$$\frac{\sin M'PO}{\sin MPO} = \frac{MP}{MP'} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta},$$

et comme

$$M'PO - MPO = \alpha - \beta,$$

il faut que

$$M'PO = \alpha, MPO = \beta.$$

Le triangle $OP'M$ donne alors :

$$\frac{OP'}{OM} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n},$$

ou :

$$OP' = OM \cdot \frac{1}{n}.$$

De même, le triangle OPM donne : $OP = OM \cdot n$.

Je dis maintenant que le point O est le centre de la sphère, ou que $OM = R$; en effet, écrivons que MP est la projection du chemin $OM + OP$:

$$MP = MO \cos \alpha + OP \cos \beta = MO (\cos \alpha + n \cos \beta).$$

Or, nous avons vu que $MP = R (n \cos \beta + \cos \alpha)$ (voy. formule 9). Donc $OM = R$.

Remarque. — Soit Q l'autre point où le rayon incident central rencontre la sphère Rn ; menons OQ : l'angle $OQM = OPM = \beta$; écrivons que MQ est la projection du chemin $QO + OM$:

$$QM = R (n \cos \beta - \cos \alpha),$$

c'est-à-dire que QM est toujours plus petit en valeur absolue que MP , quelque soit le signe de R et que n soit plus petit ou plus grand que l'unité.

De là, la construction suivante du rayon réfracté: on décrira concentriquement à la sphère réfringente, les sphères de rayon Rn , et $\frac{R}{n}$, n étant l'indice de réfraction relatif entre le milieu d'où vient la lumière et l'autre milieu; le rayon incident coupe la sphère Rn en deux points, on choisira celui (P) qui est le plus éloigné du point d'incidence; le rayon OP rencontrera du même côté de O la sphère $\frac{R}{n}$ au point P' qui appartient au rayon réfracté.

(Si l'on avait une surface quelconque, on prendrait sur la normale MO de côté du centre de courbure une longueur arbitraire $MO = R$ et l'on procéderait de même.)

La figure 5 représente la construction du point P' conjugué de P dans le cas général, et la figure 6 dans le cas classique. Il est à remarquer que lorsqu'on a affaire à un pinceau infiniment mince, les points où ses rayons rencontrent toutes les sphères se

trouvent sur les plans tangents aux points où elles sont rencontrées par le rayon central.

Remarque. — Cette construction montre que tous les rayons qui, venant du premier milieu dans une direction quelconque, convergent en P , convergent en P' après réfraction, c'est-à-dire que la caustique du point P est réduite au point P' .



FIG. 5.



FIG. 6.

VI. — Quand le point P est à l'infini, le rayon central faisant un angle d'incidence α , les rayons de la section secondaire se réunissent en un point Φ_2' qui se trouve toujours sur la ligne PO , c'est-à-dire, dans le cas actuel, sur une parallèle au rayon central incident menée par le point O ; de même le point Φ_2 n'étant autre que le foyer des rayons de la section secondaire d'un pinceau qui émane du point P' situé à l'infini dans le deuxième milieu, suivant la direction du rayon central réfracté, se trouve sur une parallèle menée par O à ce rayon réfracté, c'est-à-

dire que le quadrilatère $\Phi_2 O \Phi_2' M$ (fig. 7) est un parallélogramme.

Soient M' et M'' les points de la construction précédente où le rayon central, incident et réfracté, rencontre les sphères Rn et $\frac{R}{n}$: menons par Φ_2 et Φ_2' les parallèles à OM' , elles rencontrent OM en Q et Q' . Les triangles $OM'M$ et $\Phi_2 MQ$ d'une part, et $OM'M$ et $Q'\Phi_2'M$ de l'autre, semblables comme ayant leurs angles égaux, donnent :

$$\frac{MQ}{MO} = \frac{\Phi_2 Q}{M' O} = \frac{M \Phi_2}{MM'},$$

$$\frac{MQ}{MO} = \frac{\Phi_2' Q'}{M' O} = \frac{M \Phi_2'}{MM'}.$$

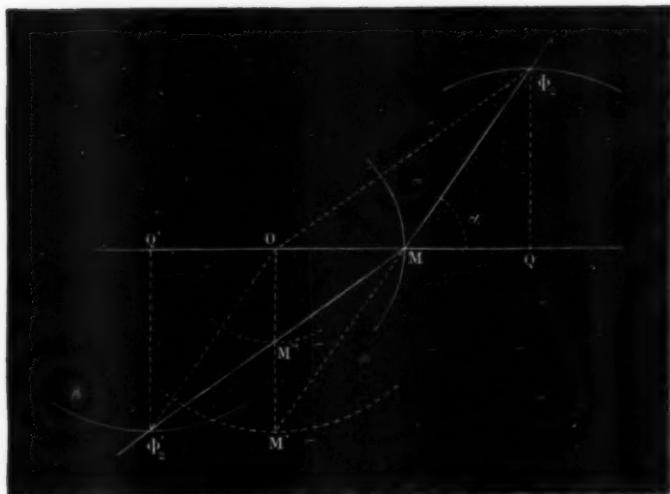


FIG. 7.

Remplaçant $M\Phi_2$ ou Φ_2 , $M\Phi_2'$ ou Φ_2' , MM' , MM'' , OM et OM' par les valeurs connues, il vient :

$$MQ = \frac{R}{n^2 - 1}, \quad \Phi_2 Q = \frac{Rn}{n^2 - 1},$$

$$MQ' = \frac{Rn^2}{n^2 - 1}, \quad \Phi_2' Q' = \frac{Rn}{n^2 - 1}.$$

Les foyers principaux de la section secondaire centrale d'un pinceau de rayons parallèles tombant toujours sur le même élément de la sphère sont, quelle que soit l'incidence, sur deux sphères de même rayon $\frac{Rn}{n^2 - 1}$. ayant leurs centres sur la normale au point d'incidence central à des distances de ce point égales à $\frac{R}{n^2 - 1}$ (point Φ_2) et $\frac{Rn^2}{n^2 - 1}$ (point Φ'_2), ces distances étant portées dans le sens convenable.

Chacun des rayons $\Phi_2 M$ et $\Phi'_2 M$ rencontre la sphère correspondante en deux points; mais il est aisément de voir que le point utile est celui qui est le plus éloigné du point M .

Les deux propositions précédentes donnent un deuxième procédé pour la construction du rayon réfracté: Sur la normale au point d'incidence du rayon considéré, on construira les sphères $\Phi'_2 Q'$, $\Phi_2 Q$; la parallèle menée par le centre O au rayon incidente rencontre la sphère Q en un point qui appartient au rayon réfracté; ou bien Φ_2 étant le point où le rayon incident rencontre la sphère Q , le rayon réfracté sera la droite menée par le point d'incidence parallèlement à $\Phi_2 O$.

Les sphères Q et Q' une fois construites ne peuvent être utilisées que pour les rayons qui ont leurs points d'incidence en M ; si ce point d'incidence change, toute la construction est à refaire; mais on utilisera la première construction en remarquant que les centres Q et Q' se déplacent sur des sphères qui ont leurs centres en O .

Dans le cas où l'angle d'incidence est négligeable, les portions utiles de toutes ces sphères se confondent en un plan perpendiculaire à la ligne PO , situé à une distance du point M égale à

$$MQ + \Phi_2 Q = \frac{R}{n - 1}.$$

Le plan utile dans le deuxième milieu serait situé à une distance de M égale à

$$MQ' + \Phi'_2 Q' = \frac{Rn}{n - 1},$$

et l'on a alors la construction classique par les plans focaux principaux de Gauss.

VII. — Connaissant les points Φ_2 et Φ'_2 , il est aisément de déter-

miner les points Φ_1 et Φ_1' correspondants. En comparant les valeurs de φ_1 , φ_2 , ..., on voit que (formules 5, 6, 7, 8) :

$$\varphi_1 = \varphi_2 \cos^2 \alpha, \quad \varphi_1' = \varphi_2' \cos^2 \beta.$$

De là, la construction suivante (fig. 8) : De Φ_2 , on abaissera une perpendiculaire sur OM , et du pied B une perpendiculaire sur $M\Phi_2$, laquelle coupera cette ligne au point Φ_1 .

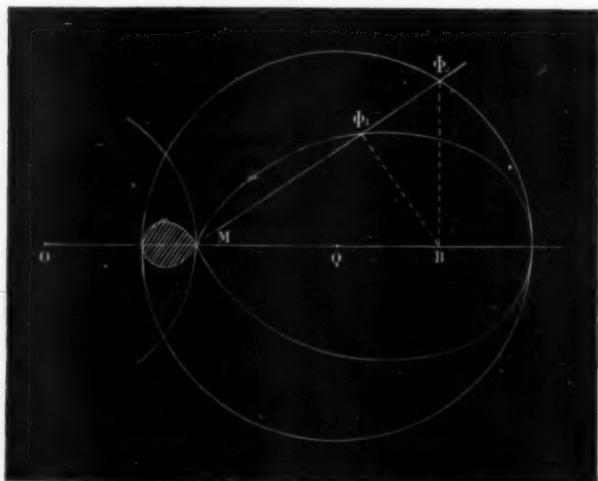


FIG. 8.

Dans le cas, par exemple, où le point M se trouve dans l'intérieur de la circonference $\Phi_2 Q$, la courbe géométrique des points Φ_1 est une boucle, mais la partie ombrée de cette boucle ne répond pas à la solution du problème physique, parce qu'ici nous ne considérons que l'une des intersections de $M\Phi_2$ avec la sphère $\Phi_2 Q$.

DU PINCEAU ASTIGMATE.

VIII. — *On peut faire subir à une ligne lumineuse infiniment petite, comme une ligne focale par exemple, un déplace-*

ment angulaire infiniment petit autour d'un axe contenu dans le plan de cette ligne et de ses rayons.

Car l'écart de l'un quelconque de ses points est tout au plus un infiniment petit du deuxième ordre.

IX. — *On peut faire subir à une ligne lumineuse infiniment petite une variation angulaire quelconque autour d'un axe perpendiculaire au plan de cette ligne et des rayons qui y courrent, sans qu'elle cesse de représenter la section du pinceau en ce lieu.*

Menons, par exemple, une section plane quelconque par un des points de la deuxième ligne focale f'', P'', f' ; elle coupera le pinceau ou mieux ses sections secondaires suivant des segments de lignes droites qui sont tous inscrits dans un angle infiniment petit, et comme ils sont d'ailleurs tous à une distance infiniment petite du sommet de cet angle, ces segments représentent des points à un infiniment petit du deuxième ordre près.

Il résulte de là que nous pouvons donner à une ligne focale une orientation quelconque dans le plan qu'elle détermine avec le rayon central. Nous pouvons considérer en particulier la deuxième ligne focale de la figure 1 comme perpendiculaire au rayon central.

X. — Soit un pinceau réfracté ou réfléchi provenant de l'ac-

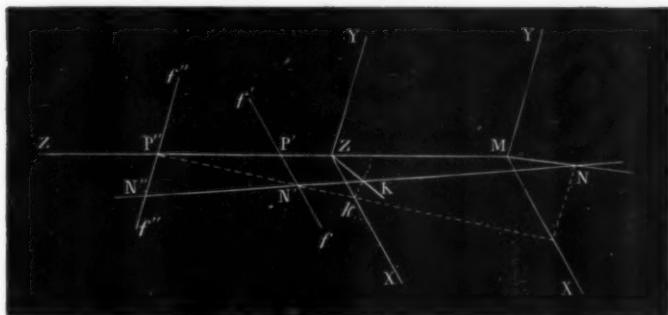


FIG. 9.

tion d'une surface quelconque et présentant deux lignes focales. Soient (fig. 9) M le point d'incidence central du pinceau ; MZ le rayon central et YMX le plan tangent en M à la surface ; MY et

MX sont sur ce plan les traces des plans MP'', f'' et MP', f' ; considérons d'ailleurs les lignes focales comme parallèles au plan tangent chacune respectivement dans le plan qu'elle détermine avec le rayon central.

Soit NNN'' un rayon quelconque du pinceau, N est son point d'incidence que nous considérons comme situé sur le plan tangent, N' et N'' sont les points où le rayon rencontre les deux lignes focales; la projection de ce rayon sur le plan ZMX , parallèlement à la direction MY , passe évidemment par le point P'' , et les points P'', N', k et n sont en ligne droite. Soit K le point où ce rayon rencontre le plan YZX mené parallèlement au plan tangent à une distance Z quelconque; appelons (x, y, o) les coordonnées du point N; (X, Y, Z) celles du point K; p' et p'' les distances PM et $P'M$; on voit aisément par des considérations de triangles semblables que l'on a :

$$\left. \begin{array}{l} x = x \left(1 - \frac{z}{p''} \right) \quad y = y \left(1 - \frac{z}{p'} \right), \\ \text{ou} \\ x = \frac{Y}{1 - \frac{z}{p''}} \quad y = \frac{Y}{1 - \frac{z}{p'}}. \end{array} \right\} 10$$

S'il existe entre x, y une relation quelconque $f(x, y) = 0$, il existera entre X et Y, Z étant constant, une relation de la même forme et du même degré.

Au contraire, quand $Z = p'$, on a quel que soit y

$$y = o \quad x = x \left(1 - \frac{p'}{p''} \right).$$

Quand $Z = p'$, on a, quel que soit x :

$$x = o \quad y = y \left(1 - \frac{p''}{p'} \right).$$

En d'autres termes : Toutes les fois que les rayons d'un pinceau s'appuient sur deux lignes focales, la section du pinceau par un plan parallèle au plan tangent à la dernière surface réfringente, et coupant le rayon central *en des points différents des lignes focales*, est une courbe de même ordre que celui de la courbe que représentent *les points d'incidence sur cette dernière surface*.

Quand la section passe par les points focaux P' ou P'' , elle est l'une ou l'autre des lignes focales quelle que soit la disposition des points d'incidence, et chaque point d'une ligne focale reçoit tous les rayons compris dans le plan mené par ce point et par l'autre ligne focale. C'est ce plan que nous avons appelé section primaire quand ses rayons concourent sur la première ligne focale, et section secondaire dans l'autre cas.

1^o Supposons, par exemple, que le point d'incidence N soit sur la droite MN , ou $y = mx$.

Une section quelconque du pinceau ainsi réduit sera :

$$Y = m \frac{1 - \frac{z}{p'}}{1 - \frac{z}{p''}} X \quad (11)$$

On voit que l'orientation de cette dernière droite est différente généralement de celle de la droite MN , et que cette orientation varie d'une manière continue selon le lieu de la section.

2^o Supposons que les points d'incidence N soient sur une circonférence et admettons, pour plus de simplicité, que l'angle XMY soit droit; on aura : $x^2 + y^2 = d^2$ et par suite :

$$\frac{x^2}{d^2 \left(1 - \frac{z}{p'}\right)^2} + \frac{y^2}{d^2 \left(1 - \frac{z}{p''}\right)^2} = 1. \quad (12)$$

La section sera généralement une ellipse dont les axes sont dans les plans des lignes focales.

Le rapport des axes de cette ellipse varie suivant le lieu de la section; ils sont égaux quand

$$1 - \frac{z}{p'} = - \left(1 - \frac{z}{p''}\right),$$

ou

$$\frac{1}{z} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{p'} + \frac{1}{p''} \right);$$

alors on a :

$$-\frac{Y}{y} = \frac{X}{x} = \frac{\frac{1}{p'} - \frac{1}{p''}}{\frac{1}{p'} + \frac{1}{p''}}.$$

Pour cette position de la section le rapport des coordonnées

courantes est égal à celui des coordonnées du point d'incidence, mais il est de signe contraire ; parce que cette section est située dans l'intervalle focal et qu'alors Y a pris un signe contraire à y, tandis que X conserve encore le même signe que x.

Dans l'exemple 4°, la section plane du pinceau peut être assimilée à une règle que l'on ferait glisser le long du pinceau. Partant du plan tangent, cette règle s'incline vers le plan ZMX ; elle est dans ce plan quand elle atteint le point P' ; puis elle continue son mouvement de rotation dans le même sens ; dans l'intervalle focal elle passe par une position symétrique de MN par rapport au plan ZMX ; elle vient dans le plan ZMY quand elle atteint P'' ; puis elle continue son mouvement qui a atteint la valeur de 180° quand la règle est à l'infini. Il est extrêmement remarquable que la moitié de cette rotation totale se fasse dans l'intervalle focal quelle que soit sa grandeur absolue ; c'est-à-dire que dans cet intervalle, pour une progression égale, la règle tourne beaucoup plus vite que pour tout autre point situé en dehors de l'intervalle focal, quand cet intervalle n'est pas très étendu.

Dans l'hypothèse que nous venons de faire, la longueur des lignes focales serait, δ étant le diamètre du cercle qui limite les points d'incidence :

$$x' = \delta \left(1 - \frac{p'}{p} \right), \quad x'' = \delta \left(1 - \frac{p''}{p'} \right). \quad (13)$$

Admettant que l'éclat d'un point de concours des rayons est proportionnel à leur nombre ou, toutes choses égales d'ailleurs, à la longueur interceptée par leurs points d'incidence sur le plan tangent, x désignant l'abscisse d'une parallèle à l'axe de Y sur le plan tangent, l'éclat du point correspondant de la première ligne focale est proportionnel à

$$2 \sqrt{\frac{\delta^2}{4} - x^2},$$

et l'éclat d'un point de la deuxième ligne focale, y désignant l'ordonnée d'une droite du plan tangent, parallèle à l'axe des X,

$$2 \sqrt{\frac{\delta^2}{4} - y^2},$$

c'est-à-dire que le pinceau étant limité sur le plan tangent

par un diaphragme circulaire, l'éclat d'un point d'une ligne focale varie suivant la position de ce point; il est maximum en P' ou P'' et il décroît graduellement jusqu'à zéro, à mesure que l'on s'éloigne de P' ou P'' .

LA SURFACE RÉFRINGENTE OU RÉFLÉCHISSANTE ÉTANT UNE SURFACE QUELCONQUE, DÉTERMINER LA POSITION DES LIGNES FOCALES ET LEUR ORIENTATION.

XI. — On sait par le théorème de Sturm que ces lignes focales existent et même qu'elles sont toujours dans deux plans rectangulaires. Soit M , fig. 10, un point quelconque de cette surface, ce sera le point d'incidence central du pinceau; nous supposerons que la surface a deux sections principales MM_1 et MM_2 , on sait qu'elles sont rectangulaires entre elles; soient O_1 et O_2 leurs centres de courbure situés sur la normale MN . Sturm a démontré (*Comptes rendus*, t. XX) que les normales de la surface qui tombent autour du point M , dans les limites infinitésimales où nous nous plaçons, s'appuient sur les lignes O_1K_1 et O_2K_2 perpendiculaires à MN et sont situées dans les plans des sections principales; il en résulte que les normales qui tombent sur des sections parallèles à l'une des sections MM_1 par exemple, concourent en un certain point K_1 de la ligne O_1K_1 .

Supposons que le point lumineux P occupe une position quelconque par rapport aux plans des sections principales de la surface, et prenons pour plan de la figure 10 le plan de réfraction du rayon central PM . Soit MZ ce rayon réfracté, ce sera l'axe des Z ; l'axe des Y sera l'intersection du plan PMZ avec le plan tangent, et l'axe des X la ligne MX du plan tangent perpendiculaire à la ligne MY ; MX est perpendiculaire au plan YZM , de sorte que les angles de nos coordonnées sont tous droits, sauf l'angle $Y M Z$ qui est égal à 90° , β étant l'angle de réfraction du rayon central.

Les rayons qui tombent sur la section principale MM_1 ont leurs points d'incidence sur une sphère de centre O_1 et de rayon $O_1M=R_1$; ils s'appuient dans le deuxième milieu sur la

première ligne focale du point P par rapport à cette sphère O_1M ; cette ligne focale P'_1X , perpendiculaire comme on sait au plan PMY , passe par un certain point P'_1 donné par la relation :

$$\frac{\cos^2 \alpha}{p} + \frac{n \cos^2 \beta}{p'_1} = \frac{1}{R_1} (n \cos \beta - \cos \alpha).$$

De même, les rayons qui tombent sur la section principale $M'M'_1$ parallèle à la précédente, et ayant son centre en K_1 sur

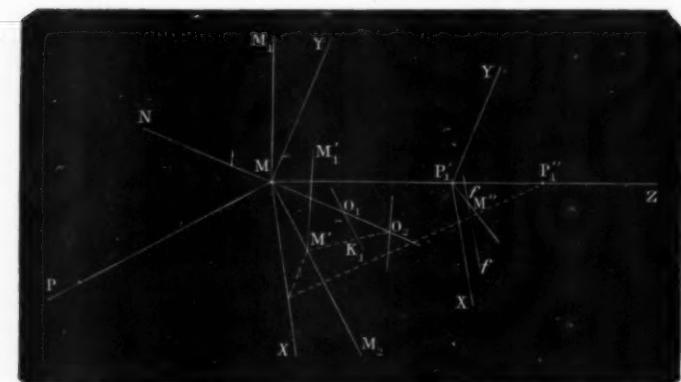


FIG. 10.

la ligne O_2M' , ont leurs points d'incidence sur la sphère K_1M' de rayon $K_1M = R_1$. Ils s'appuient sur la première ligne focale du point P par rapport à cette sphère, le point d'incidence central étant M' .

Soit $M''f$ cette ligne focale. Elle est située à la même distance de la surface que la ligne focale P'_1X , puisque la formule qui donne sa position est la même, attendu que les quantités p, α, n et R sont les mêmes. Elle est perpendiculaire au plan $PM'K_1$ et, comme ce plan fait évidemment avec le plan PMO un angle infinitésimal, nous pouvons (VIII) la considérer comme parallèle à P'_1X . Ainsi toutes ces lignes focales sont dans un même plan mené par P'_1 parallèlement au plan tangent, et dans ce plan elles sont parallèles entre elles.

Les rayons tels que PM , PM' que nous avons considérés comme

rayons centraux ont leurs points d'incidence sur la sphère O_1M , et suivant une ligne droite; leur trace sur un plan quelconque parallèle au plan tangent est donc une ligne droite $P'_1M'(X)$, dont nous allons écrire l'équation.

Appelons ξ , η les coordonnées du point M' , ξ' , η' les coordonnées du point M'' où le rayon correspondant rencontre le plan mené par P'_1 , et soient p'_1, p''_1, p'_2, p''_2 les distances des points conjugués de P par rapport aux sphères O_1M et O_2M , nous aurons, en appelant γ' l'angle $XP'_1 M'$ et γ l'angle $M'MX$ (11) :

$$\operatorname{tg} \gamma' = \operatorname{tg} \gamma \frac{1 + \frac{p'_1}{p''_2}}{1 + \frac{p'_1}{p''_2}}.$$

XII. — Quand $\gamma = 0$, on aura aussi $\gamma' = 0$, et alors les rayons du pinceau s'appuieront sur la ligne $P'_1 X$ qui sera l'une des lignes focales du pinceau.

En considérant les rayons comme tombant sur des sections parallèles à MM_2 , le point central M se déplaçant suivant MM_1 , on montrerait de même que les rayons, dans le cas où $\gamma = 0$, s'appuient sur la deuxième ligne focale du point P par rapport à la sphère O_2M .

Donc, quand le point P est dans l'une des sections principales MM_1 , les deux lignes focales sont l'une perpendiculaire au plan de cette section et sa position est donnée par la relation

$$\frac{\cos^2 \alpha}{p} + \frac{n \cos^2 \beta}{p'} = \frac{1}{R_1} (n \cos \beta - \cos \alpha) \quad (14)$$

et l'autre ligne focale est dans cette section principale MM_1 , et sa position est donnée par la relation :

$$\frac{1}{p} + \frac{n}{p''} = \frac{1}{R_2} (n \cos \beta - \cos \alpha). \quad (15)$$

Si le point P était dans la section OM_2 , on changerait dans les relations (14) et (15) R_1 en R_2 et R_2 en R_1 .

Dans ces deux cas l'orientation des lignes focales est invariable quelle que soit la distance du point lumineux à la surface, et aussi la valeur de l'angle d'incidence.

XIII. — Revenons au cas général : appelons x, y, o les coordonnées d'un point d'incidence quelconque M'_1 (fig. 11), et

(X, Y, p') les coordonnées du point où le rayon correspondant rencontre le plan même par P' parallèlement au plan tangent.

En considérant (ξ, η) comme point d'incidence central, l'abscisse de (x, y) est $\xi - x$, celle de (X, Y) est $\xi - X$; on a entre ces abscisses la relation (X) :

$$\xi' - x = (\xi - x) \left(1 - \frac{p'_1}{p''_1} \right).$$

D'ailleurs, on a évidemment $Y = \pi'$.

On a également, en vertu des relations du même paragraphe (X), M étant point central par rapport à (5, n)

$$\pi = \pi \left(1 - \frac{p'_1}{p'_2} \right)!,$$

$$\eta' = \eta \left(1 - \frac{p'_1}{p'^2} \right).$$

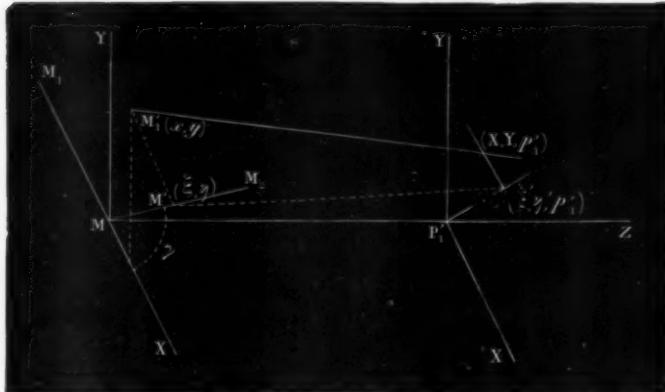


FIG. 11.

D'autre part, le théorème des projections donne :

$$\begin{aligned}x &= MM' \cos \gamma - M'M'_1 \sin \gamma, \\y &= MM' \sin \gamma + M'M'_1 \cos \gamma;\end{aligned}$$

et l'on a évidemment :

$$z = MM' \sin \gamma, \quad s = MM' \cos \gamma.$$

Éliminant ξ_n , ξ_{-n} , MM' et $M'M$, entre ces huit équations il vient :

$$Y = x \cos \gamma \sin \gamma p'_1 \left(\frac{1}{p'_1} - \frac{1}{p'_2} \right) + y \sin^2 \gamma p'_1 \left(\frac{1}{p'_1} - \frac{1}{p'_2} \right)$$

$$X = xp'_1 \left\{ \frac{1}{p'_1} - \left(\frac{\sin^2 \gamma}{p'^1} + \frac{\cos^2 \gamma}{p'^2} \right) \right\} + y \sin \gamma \cos \gamma p'_1 \left(\frac{1}{p'^1} - \frac{1}{p'^2} \right);$$

ou bien :

$$X = Ax + By \quad Y = A'x + B'y.$$

Les équations d'un rayon réfracté quelconque passant par les points (x, y, o) et (X, Y, p') sont :

$$\begin{aligned} p'_1 X - [(A - 1)Z + p'_1]x - BZy &= 0, \\ p'_1 Y - A'Zx - [(B' - 1)Z + p'_1]y &= 0. \end{aligned}$$

On en tire :

$$\frac{Y}{X} = \frac{A'Zx + [(B' - 1)Z + p'_1]y}{[(A - 1)Z + p'_1]x + BZy} = m$$

m représentant une indéterminée ; on a :

$$\{ [(A - 1)Z + p'_1]m - A'Z \} x + \{ BZm - [(B' - 1)Z + p'_1]y \} = 0.$$

Posons :

$$[(A - 1)Z + p'_1]m - A'Z = 0; \quad (B' - 1)Z + p'_1 - BZm = 0$$

relations qui, par élimination de m ou de Z , deviennent :

$$\begin{aligned} &[(B' - 1)Z + p'_1] [(A - 1)Z + p'_1] - A'BZ^2 = 0 \\ \text{ou } &((B' - 1)(A - 1) - A'B)Z^2 + p'_1(A + B' - 2)Z + p'^2 = 0 \quad \} \end{aligned} \quad (1)$$

et

$$m^2 - \frac{B' - A}{B} m - \frac{A'}{B} = 0. \quad (17)$$

XIV. — *Discussion.* — La condition de réalité des racines, pour l'une comme pour l'autre de ces deux équations, est :

$$(B' - A)^2 + 4A'B > 0,$$

ou, en remplaçant B' A , B , A' par leurs valeurs :

$$\left[\frac{\cos^2 \gamma}{p'^1} - \frac{\sin^2 \gamma}{p'^1} + \frac{\sin^2 \gamma}{p'^2} - \frac{\cos^2 \gamma}{p'^2} \right]^2 + 4 \sin^2 \gamma \cos^2 \gamma \left(\frac{1}{p'^1} - \frac{1}{p'^2} \right) \left(\frac{1}{p'^1} - \frac{1}{p'^2} \right) > 0.$$

Les relations que donnent $\frac{1}{p'^1}$, $\frac{1}{p'^2}$, etc., étant d'ailleurs

$$\begin{aligned} \frac{\cos^2 \alpha}{p} + \frac{n \cos^2 \beta}{p'^1} &= \frac{1}{R_1} (n \cos \beta - \cos \alpha), \\ \frac{1}{p} + \frac{n}{p'^1} &= \frac{1}{R_1} (n \cos \beta - \cos \alpha); \\ \frac{\cos^2 \alpha}{p} + \frac{n \cos^2 \beta}{p'^2} &= \frac{1}{R_2} (n \cos \beta - \cos \alpha), \\ \frac{1}{p} + \frac{n}{p'^2} &= \frac{1}{R_2} (n \cos \beta - \cos \alpha). \end{aligned}$$

On voit que :

$$\frac{1}{p'_1} - \frac{1}{p'_2} = \frac{n \cos \beta - \cos \alpha}{n \cos^2 \beta} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right),$$

$$\frac{1}{p''_1} - \frac{1}{p''_2} = \frac{n \cos \beta - \cos \alpha}{n} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right).$$

La condition de réalité des racines est donc :

$$\left(\frac{\cos^2 \gamma}{p'_1} - \frac{\sin^2 \gamma}{p''_1} + \frac{\sin^2 \gamma}{p''_2} - \frac{\cos^2 \gamma}{p'_2} \right)^2 + 4 \sin^2 \gamma \cos^2 \gamma \frac{(n \cos \beta - \cos \alpha)^2}{n^2 \cos^2 \beta} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)^2 > 0,$$

et sera toujours satisfaite quelles que soient les valeurs des variables ; et l'on voit que :

Si γ est différent de 0° ou 90° , jamais les équations n'auront de racines égales ; c'est-à-dire qu'il n'y a aucun point de l'espace pour lequel l'astigmatisme se réduise à zéro.

Si $\gamma = 0$, l'astigmatisme sera nul, à condition que l'on ait :

$$\frac{1}{p'_1} = \frac{1}{p''_2},$$

ce qui donne :

$$p = \frac{\frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} - 1}{(n \cos \beta - \cos \alpha) \left(\frac{1}{R_1 \cos^2 \beta} - \frac{1}{R_2} \right)}. \quad (18)$$

Si $\gamma = 90^\circ$, l'astigmatisme sera nul, à condition que

$$\frac{1}{p'_2} = \frac{1}{p''_1},$$

ce qui donne :

$$p = \frac{\frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} - 1}{(n \cos \beta - \cos^2 \beta) \left(\frac{1}{R_2 \cos^2 \beta} - \frac{1}{R_1} \right)}. \quad (19)$$

On voit que si $\alpha = 0$, la valeur de p pour laquelle l'astigmatisme est nul est $p = 0$, c'est-à-dire que le point est sur la surface.

Donc :

Quand le point lumineux se trouve dans une des sections principales de la surface : il y a pour toute incidence déterminée une position de ce point pour laquelle l'astigmatisme est nul ; pour la même valeur de l'angle d'incidence, la distance de ce

point à la surface varie suivant que le point se trouve dans l'une ou dans l'autre des sections principales; quand le point se trouve à l'intersection des deux sections principales, c'est-à-dire sur la normale elle-même, le point sur lequel l'astigmatisme est nul se trouve sur la surface.

Les relations (18) et (19) permettront d'établir la courbe formée par ces points pour lesquels l'astigmatisme est nul.

Le produit des coefficients angulaires $-\frac{A'}{B}$ est :

$$-\frac{A'}{B} = \frac{\frac{1}{p''_1} - \frac{1}{p''_2}}{\frac{1}{p''_1} - \frac{1}{p''_2}} = \frac{1}{\cos^2 \beta}.$$

Cette relation exprime précisément, dans le système d'axes de cordonnées que nous avons adopté (angle $YZM = 90 - \beta$), que les lignes focales sont dans des plans rectangulaires entre eux conformément au théorème de Sturm.

Quant à la somme des coefficients angulaires, elle est :

$$\frac{B' - A}{B} = \frac{\operatorname{tg}^2 \gamma \left(\frac{1}{p''_1} - \frac{1}{p''_2} \right) + \frac{1}{p''_2} - \frac{1}{p''_1}}{\operatorname{tg} \gamma \left(\frac{1}{p''_1} - \frac{1}{p''_2} \right)},$$

ou :

$$\frac{B' - A}{B} = \frac{(n \cos \beta - \cos \alpha) \left[\operatorname{tg}^2 \gamma \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \cos^2 \beta \right) \right.}{\left. + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \cos^2 \beta - \frac{1}{p} \left(1 - \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} \right) (\operatorname{tg}^2 \gamma + 1) \right]}{(n \cos \beta - \cos \alpha) \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}) \operatorname{tg} \gamma.$$

On voit que la somme des coefficients angulaires varie suivant la valeur de p , et comme leur produit est indépendant de p , l'orientation des lignes focales varie pour une même incidence avec la distance du point lumineux à la surface, tant que γ diffère de 0° ou de 90° , c'est-à-dire tant que le point lumineux est en dehors des sections principales de la surface. Quand il se trouve au contraire dans l'une de ces sections, l'orientation des lignes focales est constante quelles que soient les valeurs de p et de α .

XV. — Les mêmes équations 16 et 17 conviennent au cas de la réflexion ; seulement les valeurs de p'_1 , p''_1 , p'_2 , p''_2 sont données par les relations :

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p'_1} = - \frac{2}{R_1 \cos \alpha} \quad \frac{1}{p} - \frac{1}{p'_2} = - \frac{2}{R_2 \cos \alpha}$$

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p''_1} = - \frac{2 \cos \alpha}{R_1} \quad \frac{1}{p} - \frac{1}{p''_2} = - \frac{2 \cos \alpha}{R_2}.$$

La condition de réalité des racines est toujours satisfaite, et tant que γ diffère de zéro, il n'y a aucune position du point lumineux en dehors de la surface pour laquelle l'astigmatisme puisse être nul. Quand au contraire $\gamma = 0$, c'est-à-dire quand le point lumineux se trouve dans la section de rayon R_1 , la condition pour que l'astigmatisme soit nul est :

$$\frac{1}{p'_1} = \frac{1}{p''_2},$$

ou

$$\cos^2 \alpha = \frac{R_2}{R_1}.$$

Si $R_2 > R_1$ cette condition ne peut être remplie ; mais alors le point lumineux se trouvant dans la section du rayon R_2 on pourra avoir :

$$\frac{1}{p'_2} = \frac{1}{p''_1} \quad \text{ou} \quad \cos^2 \alpha = \frac{R_1}{R_2}.$$

Ainsi : « *Il y aura toujours dans le plan de la section principale, qui a le plus grand rayon de courbure, deux lignes droites symétriquement placées par rapport à la normale au point considéré, pour lesquelles l'astigmatisme sera nul quelle que soit la distance du point à la surface.* » L'une de ces deux lignes droites représente le rayon réfléchi et l'autre le rayon incident. Quand l'angle d'incidence est nul, et que $R_1 = R_2$, ces deux droites se trouvent confondues suivant la normale.

Cette propriété remarquable peut être utilisée et apporter une grande simplification dans la détermination des rayons de courbure principaux d'une surface quelconque. On pourrait notamment l'appliquer à la détermination de la surface corénenne.

CIRCONSTANCES DANS LESQUELLES SE MANIFESTE L'ASTIGMATISME.

XVI. — Supposons pour plus de simplicité que le point lumineux se trouve toujours dans l'une des sections principales de la surface; nous aurons en général :

$$\left. \begin{aligned} \frac{\cos^2 \alpha}{p} + \frac{n \cos^2 \beta}{p'_1} &= \frac{1}{R} \quad (n \cos \beta - \cos \alpha) \\ \frac{1}{p} + \frac{n}{p'^2} &= \frac{1}{R_2} \quad (n \cos \beta - \cos \alpha) \\ \frac{1}{p} - \frac{1}{p'_1} &= - \frac{2}{R_1 \cos \alpha} \\ \frac{1}{p} - \frac{1}{p'^2} &= - \frac{2 \cos \alpha}{R_2} \end{aligned} \right\}$$

C'est-à-dire qu'il y aura toujours astigmatisme par réfraction et par réflexion, lors même que l'angle d'incidence serait nul, dans le cas où la surface a deux rayons de courbure principaux inégaux.

Il en sera à plus forte raison de même quand le point lumineux se trouvera en dehors des sections principales.

En faisant $R_1 = R_2$, la surface devient sphérique; l'astigmatisme existe toujours, mais seulement quand l'angle a une valeur appréciable.

En faisant $R_1 = R_2 = \infty$, on se trouve dans le cas du plan et les formules deviennent :

$$\left. \begin{aligned} \frac{\cos^2 \alpha}{p} + \frac{n \cos^2 \beta}{p'} &= 0 \\ \frac{1}{p} + \frac{n}{p''} &= 0 \\ \frac{1}{p} - \frac{1}{p'} &= 0 \\ \frac{1}{p} - \frac{1}{p''} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Il y a encore astigmatisme par réfraction quand l'angle d'incidence est appréciable; mais il n'y a plus d'astigmatisme par réflexion quelle que soit la valeur de cet angle d'incidence.

Nota. — Dans le cas de la sphère et du plan, il n'y a plus lieu de tenir compte de l'angle γ ; parce que le rayon incident se trouve toujours dans une section principale de la surface.

PROPOSITIONS RELATIVES A L'IMAGE D'UN OBJET.

XVII. — *Quand le point lumineux P restant à la même distance de la surface se déplace de telle sorte que le rayon central MP du pinceau oscille autour du point fixe M dans les limites d'un angle infiniment petit du premier ordre, les lignes focales de ce point restent à la même distance de la surface et conservent la même orientation.*

Car des variations de cet ordre de grandeur dans la valeur des quantités qui entrent dans les coefficients des équations (16) (17) ne peuvent entraîner pour les racines de ces équations que des variations qui sont tout au plus infiniment petites du premier ordre, et nous avons démontré (1 Rem., VIII et IX) que des variations de cet ordre de grandeur étaient négligeables.

Dans tout ce qui suivra nous supposerons que le point P ne sort pas des limites d'un cône infinitésimal; alors les lignes focales des points d'un plan situé à la distance p de la surface, se trouveront dans deux plans situés aux distances p' et p'' ; leur orientation dans ces plans sera constante. Nous appellerons les plans P' et P'' *plans focaux conjugués du plan P*; leur position et leur orientation peuvent d'ailleurs varier dans les limites que nous avons assignées aux lignes focales.

XVIII. — *Quand le point P décrit une ligne droite ou une courbe d'ordre quelconque dans le plan P, les points P' et P'' décriront une ligne droite ou une courbe du même ordre dans les plans focaux; ou: quand le rayon central MP décrit un cône d'ordre quelconque, il en est de même du rayon central réfracté MP' P'' .*

Quand le rayon central incident se meut dans le plan de réfraction, le rayon réfracté reste également dans ce plan; $d\alpha$ et $d\beta$ étant les angles correspondants décrits par les deux rayons, incident et réfracté, on aura, comme on sait :

$$\frac{d\alpha}{d\beta} = n \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}.$$

Quand le rayon incident se déplace normalement à la direc-

tion précédente, on peut considérer ce déplacement comme résultant de la rotation du rayon incident autour de la normale comme axe; les chemins parcourus par les points situés à l'unité de distance sur ces deux rayons sont proportionnels à leurs distances à l'axe de rotation ou à $\sin \alpha$ et à $\sin \beta$ c'est-à-dire qu'ils sont entre eux comme $\frac{n}{1}$.

Quand le déplacement se fait dans un plan oblique sur ceux des déplacements précédents, on considère ce déplacement comme la résultante de deux déplacements dans les directions précédentes.

Appelons v le déplacement d'un point situé à l'unité de distance, dans le plan de réfraction et dans le premier milieu; v' le déplacement correspondant d'un point situé à l'unité de distance sur le rayon réfracté, h et h' les déplacements dans la direction rectangulaire, on aura toujours :

$$\frac{v}{v'} = \frac{n \cos \beta}{\cos \alpha} \quad \frac{h}{h'} = n \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \quad 20$$

S'il existe entre h et v une relation d'ordre quelconque $f(h, v)$ 0, en remplaçant h et v par leurs valeurs en h' et v' tirées des relations précédentes, on aura évidemment entre les variables une relation du même degré et de la même forme.

XIX. — 1^{er} exemple : Si le rayon incident se meut dans un plan, $\frac{h}{v}$ représente la tangente de l'angle que fait ce plan avec le plan de réfraction, soit γ cet angle et γ' l'angle du plan du rayon réfracté avec le même plan de réfraction, on aura :

$$\frac{h}{v} = \operatorname{tg} \gamma \quad \frac{h'}{v'} = \operatorname{tg} \gamma',$$

et par suite :

$$\frac{\operatorname{tg} \gamma'}{\cos \beta} = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\cos \alpha} \text{ ou } \operatorname{tg} \gamma' = \operatorname{tg} \gamma \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}. \quad (21)$$

On voit que les angles γ et γ' ne seront égaux que si α est négligeable; dans le cas de la réflexion comme $\beta = \alpha$, ils seront toujours égaux quelle que soit l'incidence.

$\frac{\operatorname{tg} \gamma'}{\cos \beta}$ représente la tangente de l'angle des traces du plan de la ligne réfractée et du plan de réfraction, auquel on rapporte le point de départ, sur un plan perpendiculaire au plan

de réfraction du rayon central, mais faisant avec un plan perpendiculaire à ce rayon central l'angle β , c'est-à-dire sur un plan parallèle au plan tangent.

De même $\frac{h \gamma}{\cos \alpha}$ est l'angle des traces du plan de la ligne considérée et du plan de réfraction du rayon central sur un plan parallèle au plan tangent; donc :

Les plans décrits par le rayon incident central et par le rayon réfracté se coupent suivant le plan tangent à la surface.

Les chemins parcourus à l'unité des distances sont :

$$D = \sqrt{h^2 + V^2} \quad D' = \sqrt{h'^2 + V'^2}$$

d'où

$$\frac{D}{D'} = n \frac{\cos \beta \cos \gamma'}{\cos \alpha \cos \gamma}. \quad (22)$$

XX. — 2^e exemple : Si le rayon incident décrit un cône circulaire droit

$$h^2 + v^2 = \delta^2,$$

et, par suite :

$$n^2 h^2 + n^2 \frac{\cos^2 \beta}{\cos^2 \alpha} V^2 = \delta^2$$

La base du cône droit décrit par le rayon réfracté est une ellipse dont les axes sont :

$$\frac{\delta}{n} \text{ et } \frac{\delta}{n} \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}.$$

Cette ellipse redevient un cercle quand α est négligeable; elle est toujours un cercle dans la réflexion, puisque alors $\alpha = \beta$.

XI. — Des relations précédentes on déduira aisément le rapport qui existe entre les grandeurs de l'image et de l'objet, puisque h, v, h', v , représentent les chemins parcourus à l'unité de distance.

On aura, en général :

$$\frac{z}{o} = \frac{Z}{p} \frac{\cos \alpha \cos \gamma}{n \cos \beta \cos \gamma'}, \quad (23)$$

Z représentant la distance d'un plan sécant quelconque.

En faisant $Z = p'$ ou p'' on aura le déplacement du point médián des lignes focales dans leur plan focal respectif.

Quand

$$\gamma = 0, \gamma' = 0,$$

alors :

$$\frac{t}{o} = \frac{Z}{p} \frac{\cos \alpha}{n \cos \beta}.$$

Quand $\gamma = 90, \gamma' = 90$, alors le rapport des déplacements angulaires étant n , on aura :

$$\frac{t}{o} = \frac{Z}{p} \frac{1}{n}.$$

Dans le cas de la réflexion, comme $\alpha = \beta$ et $\gamma = \gamma'$, on aura toujours :

$$\frac{1}{o} = \frac{Z}{p}. \quad (24)$$

Remarque. — Ces formules s'appliquent au cas seulement où il y a une seule réfraction ou une seule réflexion.

RÉTRACTION PAR UNE DEUXIÈME, UNE TROISIÈME SURFACE, ETC.

XXII. — Soient (fig. 42), Pf et Qf les deux lignes focales d'un point situé dans le premier milieu; nous supposerons que ces deux lignes sont, dans leurs plans respectifs, orientées parallèlement au plan tangent à la deuxième surface au point d'incidence central M , PQ étant le rayon central du pinceau.

Un rayon quelconque du pinceau dans le deuxième milieu s'appuie sur la première ligne focale en K , par exemple, et sur la deuxième ligne focale en L , et rencontre le plan tangent à la deuxième surface en un certain point N .

Nous prendrons, comme précédemment, le plan de réfraction du rayon central pour plan des YZ , pour axe des Z ce rayon central dans le milieu considéré, pour axe des Y l'intersection du plan des YZ avec le plan tangent, et pour axe des X la ligne MX du plan tangent qui est perpendiculaire au plan des YZ ; alors les angles XMY et XMZ sont droits, et l'angle YMA a une certaine valeur $90 - \beta$, β étant l'angle de réfraction du rayon central.

Soit YPX un plan parallèle au plan tangent mené par le point P' , premier foyer conjugué de P supposé point lumineux complet; le plan YPX est le premier plan focal du point P ; il contient les premières lignes focales de tous les points du plan mené par P parallèlement au plan tangent, et l'on sait d'ail-

leurs que les lignes focales de tous ces points sont parallèles entre elles.

Tous les rayons issus de K, considéré comme source lumineuse, et par suite le rayon KL en particulier, s'appuient sur la première ligne focale de K; le point K a pour rayon central KM, soit M' le point où ce rayon central rencontre le plan P';

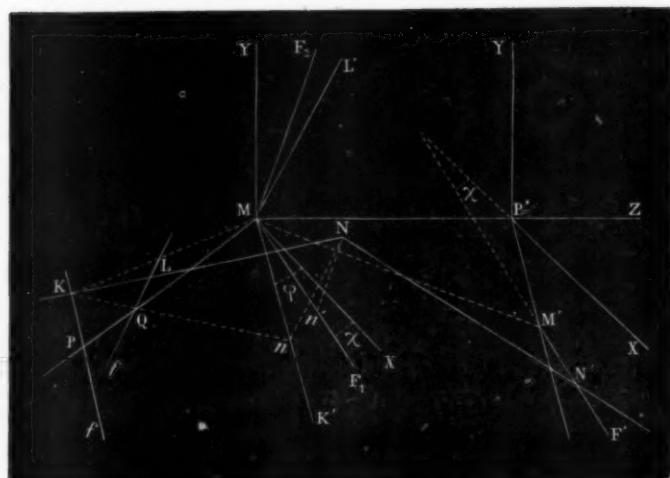


FIG. 12.

quand le point K se meut suivant une droite PK, M' se meut suivant une droite P'M', et il existe entre les chemins parcourus un rapport constant k :

$$\frac{P'M'}{PK} = k.$$

La première ligne focale de K sera une certaine ligne M'F', que le rayon KN, après réfraction, rencontrera en un certain point N'. Soient MF₁ et MF₂ les deux lignes menées dans le plan tangent parallèlement aux deux lignes focales du point P. On sait que leur orientation diffère généralement de celle des axes MX et MY, et qu'elle varie même en général suivant la quantité MP = p . Menons par N une parallèle à MF₂, elle ren-

contre MF_1 en un point n' . On sait qu'il existe (X) entre les grandeurs $M'N'$ et Mn' une relation constante; en appelant p' et p'' les distances au point M des plans focaux de P, on a :

$$\frac{M'N'}{Mn'} = \frac{p'' - p'}{p''} = k',$$

Le plan KQL coupe le plan tangent suivant une ligne Nn parallèle à QL ou à ML' ; on sait d'ailleurs que les plans MKP et $MP'M'$ se coupent suivant le plan tangent (XIX), et comme les lignes PK et PM' sont déjà parallèles au plan tangent, elles sont parallèles à MK' , intersection commune des plans $MP'M'$ et MPK .

Les deux triangles semblables KQP et MQn donnent :

$$\frac{PK}{Mn} = \frac{p - q}{q} = k,$$

p et q désignant les constantes PM et QM . Nous aurons donc finalement :

$$\begin{aligned} P'M' &= kk'Mn = C.Mn \\ M'N' &= k'Mn' = C'.Mn' \end{aligned}$$

Or, pour tous les rayons du pinceau l'angle MnN est constant; de même aussi pour tous les points K l'orientation des lignes MF_1 et MF_2 est constante, c'est-à-dire que Mn et Mn' sont les abscisses du point N par rapport à deux systèmes de coordonnées différentes $L'MK'$ et F_2MF_1 ; d'ailleurs $M'P'X = K'MX = \gamma$ et l'angle de $F'M'$ avec $P'X$ est égal à l'angle $F_1MX = \chi$.

En appelant x, y , les coordonnées du point N dans le plan des (X, Y); X, Y celles du point N' dans le plan $Z = p', \theta$ l'angle $L'MK'$, et θ' l'angle F_2MF_1 , on aura les relations :

$$Mn = \frac{x \sin(\theta - \varphi) - y \cos(\theta - \varphi)}{\sin \theta},$$

$$Mn' = \frac{x \sin(\theta' - \chi) - y \cos(\theta' - \chi)}{\sin \theta'},$$

$$X = P'M' \cos \varphi + M'N' \cos \chi,$$

$$Y = P'M' \sin \varphi + M'N' \sin \chi,$$

et finalement, A, B,.... désignant des constantes :

$$X = Ax + By, \quad Y = A'x + B'y.$$

Nous sommes ainsi ramenés aux relations entre X, Y et x, y , que nous avons déjà rencontrées dans la réfraction par une

seule surface; et quand nous aurons déterminé la valeur des coefficients A , B , A' , B' , nous aurons la position et l'orientation des lignes focales dans le troisième milieu au moyen des équations 16 et 17.

Les coefficients A , B , A' , B' ont, après une deuxième réfraction, une valeur extrêmement complexe, car leurs éléments linéaires p' et p'' et angulaires φ et χ , doivent être déterminés d'après les valeurs des racines des équations 16 et 17. Il ne serait pas aisément, par exemple, de montrer que les deux lignes focales sont rectangulaires; mais heureusement le théorème de Sturm nous autorise à ne pas poursuivre cette vérification.

Donc après *réfraction par une deuxième surface* (et par suite après une *réfraction d'ordre quelconque*, car entre un milieu quelconque et la surface suivante les conditions seront toujours les mêmes) *le pinceau émané d'un point présente deux lignes focales situées dans des plans rectangulaires*.

XXIII. — Quand dans le premier milieu le point lumineux reste à une distance constante de la surface dans les limites d'un cône infinitésimal, les lignes focales du deuxième milieu restent à une distance constante de la surface et leur orientation est constante; d'ailleurs le rayon central mobile tombe toujours sur la deuxième surface suivant une incidence constante à un infiniment petit du premier ordre près; en un mot, les quantités dont dépendent les coefficients A , B , A' , B' sont constantes. Donc :

Dans un milieu quelconque il existe deux plans focaux conjugués du plan de l'objet, et l'orientation des lignes focales des différents points de cet objet est constante.

Si la distance des plans focaux dans un milieu quelconque, ou la distance de chacun d'eux à la surface suivante, ou l'orientation des lignes focales dans le milieu varie, il en sera de même de la position des plans focaux et de l'orientation des lignes focales dans un milieu quelconque, alors même que l'incidence du rayon central serait constante.

On démontrerait très aisément que *si l'une des lignes focales, dans un milieu quelconque, se trouvait dans le plan d'une des sections principales de la surface suivante, et cela pour tous les milieux, l'orientation des lignes focales dans chaque milieu sera constante quelles que fussent les autres données*.

XXIV. — Jusqu'alors les choses se passent identiquement comme après une seule réfraction ; il n'en est pas tout à fait de même en ce qui concerne les formules relatives à l'orientation et à la grandeur des images. Quand on n'envisage qu'une seule réfraction, le rayon central se meut autour d'un point fixe situé sur la surface elle-même ; dans le deuxième milieu, le rayon central incident se meut aussi autour d'un point fixe, M, mais ce point est situé sur la première surface ; il est donc en dehors de la deuxième surface, à moins que ces surfaces ne soient infiniment voisines. Dans le troisième milieu, le rayon central s'appuie sur les deux lignes focales du point M, et il en est de même dans les milieux suivants. Nous ne pouvons donc plus pour ces différents milieux employer les mêmes formules que pour la première réfraction, ni la même méthode.

Nous retrouverons cependant encore cette proposition fondamentale, à savoir, que *la section du pinceau des rayons centraux dans un milieu quelconque est une courbe de même ordre que cette section dans le premier milieu*, et, en particulier, que *cette section étant une ligne droite dans le premier milieu, elle sera aussi une ligne droite dans un milieu quelconque*.

En effet, la section de ces rayons dans le deuxième milieu est une courbe de degré n comme dans le premier milieu, et en particulier cette section par le plan tangent à la deuxième surface. Or, ces rayons émanant d'un point M, leur section dans le troisième milieu (X) sera une courbe du degré n à condition que cette section soit différente des plans focaux de M, et il en sera de même dans les milieux suivants. Or, les plans focaux du point P dans tous les milieux seront évidemment différents des plans focaux du point M ; donc :

Les plans focaux de l'objet dans un milieu quelconque couperont toujours les rayons centraux des points de cet objet suivant une courbe du même ordre que celle de ces points.

XXV. — Après une seule réfraction, les sections linéaires des rayons centraux restent dans un même plan ; il n'en sera plus ainsi dans un milieu quelconque.

Car la section d'un pinceau réduit à des points d'incidence situés sur une ligne droite est une ligne droite dont l'orienta-

tion varie avec le lieu de la section (X). L'orientation de la ligne parcourue par le point médian P' ou P'' sur les deux plans ocaux sera différente dans les deux plans; la différence, toutes choses égales d'ailleurs, sera d'autant plus grande que l'intervalle focal $P' P''$ sera plus grand; mais cette différence variera aussi pour un même intervalle focal $P' P''$, suivant la situation de cet intervalle par rapport à l'intervalle focal relatif au point M. Cette différence sera maxima quand l'intervalle focal P', P'' , sera compris dans l'intervalle focal correspondant au point M.

Si la distance séparant les diverses surfaces réfringentes était infiniment petite et négligeable, le rayon central rencontrera toutes les surfaces suivant un point, et l'on appliquerait à chaque surface le raisonnement que nous avons exposé pour la première.

Ayant donné tous les éléments nécessaires à la solution de la question, nous ne donnerons pas les formules relatives à la grandeur des images dans un milieu quelconque.

XXVI. — D'ailleurs, cette question de l'orientation des images et de leur grandeur absolue est secondaire; car elle est intimement liée à l'orientation de l'écran sur lequel on reçoit l'image, et aussi à l'orientation de l'objet sur la direction des rayons lumineux; aussi, *cette question étant réservée*, pourrions-nous dire que : *après une fraction d'ordre quelconque les choses se passent comme après réfraction par une seule surface quelconque.*

CORRECTION DE L'ASTIGMATISME.

XXVII. — Une surface quelconque, fût-elle sphérique, produisant de l'astigmatisme, la même surface placée dans des conditions convenables peut être employée à corriger un astigmatisme donné.

A. Supposons d'abord que la surface correctrice soit normale à la direction des rayons lumineux ou du rayon central. Il est évident que ses rayons de courbure principaux devront être différents, c'est-à-dire que cette surface ne pourra pas être sphérique. Les deux lignes focales du milieu étant les conjuguées

d'un point situé sur la normale à la surface correctrice, devront nécessairement se trouver dans les plans des sections principales de la surface. Donc :

Pour qu'une surface normale à la direction des rayons lumineux corrige un astigmatisme donné, il faut que les plans des sections principales coïncident avec ceux des lignes focales données, et cette surface doit avoir ses rayons de courbure inégaux.

B. La surface peut coïncider par l'une de ses sections principales avec le rayon central, celui-ci tombant *obliquement* dans ce plan sur la surface correctrice. Celle-ci peut alors être une sphère ; et l'une des lignes focales se trouvera nécessairement dans le plan de la section principale qui contient le rayon central.

Dans ces deux cas A et B, l'orientation de la surface correctrice donnera l'orientation des lignes focales, sans calcul, quelle que soit la distance des lignes focales à la surface, quel que soit l'angle d'incidence du rayon central sur la surface correctrice.

C. Si la surface correctrice est orientée par rapport au rayon central de telle sorte que celui-ci ne se trouve dans aucune de ses sections principales, nécessairement l'orientation des plans des lignes focales sera différente de celle des sections principales de la surface correctrice, ou l'orientation des sections principales de celle-ci diffère de celle des lignes focales suivant la distance des lignes focales ou suivant leur orientation par rapport aux plans des sections principales et suivant l'angle d'incidence du rayon central (XIV).

Remarque.— Certaines propositions que nous avons établies dans ce chapitre peuvent aisément se traduire en propositions énonçant des propriétés de la surface d'onde ; car on sait par le théorème de Sturm que les lignes focales ne sont autres que le lieu des points de rencontre des normales à la surface d'onde dans une partie infinitésimale de celle-ci. Quand les lignes focales coïncident en un même point, cela veut dire que la surface d'onde est une sphère ou une surface de révolution, tout au moins pour l'élément considéré. Dans le cas où la surface donnée est une sphère et où le point lumineux est sur la sphère Ru (V), la surface d'onde correspondante est évidemment une sphère dans toute son étendue ;

mais, en général, de ce que les points P' et P'' coïncident, on sera en droit de conclure seulement que l'élément correspondant de la surface d'onde est semblable à celui d'une surface de révolution.

Quand les points P' et P'' sont à la même distance de la surface, mais de part et d'autre, si l'on imagine la surface d'onde occupant le lieu de la surface réfringente ou réfléchissante, on voit qu'elle a la forme d'une selle à courbure égale dans ses deux méridiens principaux. Rien ne serait plus facile d'ailleurs que de suivre les modifications de forme subies par cet élément de surface d'onde dans son trajet le long du rayon central, en remarquant que ces courbures sont de même sens quand il est du même côté par rapport aux points P' et P'' , et de sens contraire quand il est dans l'intervalle focal P', P'' .

Les lignes focales étant dans les plans des sections principales de la surface d'onde, ce que nous avons dit de l'orientation de ces lignes s'applique identiquement à l'orientation des plans des sections principales de la surface d'onde.

Quand il y a correction de l'astigmatisme, les points P' et P'' coïncident et la surface d'onde dans l'élément considéré est généralement une surface de révolution. S'il arrivait que cette surface d'onde, considérée dans son ensemble, fût une sphère, non seulement il y aurait correction de l'astigmatisme du système dioptrique donné, mais de plus ce système serait exempt de l'aberration de sphéricité. Cette circonstance, quand elle se présentera, est de nature à modifier les considérations dans lesquelles nous allons entrer au sujet du champ de netteté d'un appareil dioptrique.

(*A suivre.*)

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LA SECTION DES NERFS CILIAIRES ET DU NERF OPTIQUE,

Par le Dr Paul REDARD.

Dans un premier travail publié en 1879, nous avons étudié expérimentalement la section des nerfs ciliaires et du nerf op-

tique; nos résultats étaient alors incomplets, car nous n'avions pas suivi nos animaux pendant assez longtemps; nous avons depuis multiplié nos expériences pendant deux années, de façon à posséder des notions précises, non seulement sur les conséquences immédiates de la névrotomie, mais encore sur les suites éloignées de cette opération.

Ce sont les résultats et les conclusions que nous avons obtenus que nous donnons aujourd'hui, pensant que l'expérimentation peut donner de précieux renseignements dans cette étude à peine commencée de la valeur et des indications de la section des nerfs ciliaires et du nerf optique chez l'homme.

Il n'existe qu'un très petit nombre d'expériences sur la section des nerfs optiques et ciliaires.

Les premiers auteurs qui se sont occupés de ce point étudient surtout l'influence de la section nerveuse sur les altérations du fond de l'œil; ils considèrent cette opération comme très grave et s'accompagnant presque toujours de la fonte et de la phthisie de l'œil.

Zent (1856), Zehmann (1857), Rodow (1864), Kugel (de Bukarest) (1863), Krause (1868) pratiquent la section du nerf optique chez la grenouille et le lapin; ils décrivent avec soin les altérations du fond de l'œil, mais s'occupent peu de l'enseignement que leurs expériences peuvent donner à la physiologie et à la pathologie oculaires.

Zehmann, Rodow, Krause signalent après la névrotomie le rétrécissement de la pupille.

Krause étudie l'absence de contraction réflexe du sphincter de l'iris et de l'orbiculaire, sous l'influence de la lumière solaire.

Kugel (de Bukarest) étudie le rétablissement rapide du cours du sang par une circulation collatérale qui s'établit entre la rétine et la choroïde.

Berlin, en 1871, communique le résultat de ses très nombreuses expériences à la Société d'ophtalmologie d'Heidelberg.

Il pratique la névrotomie extra crânienne chez la grenouille et le lapin et considère cette opération comme très difficile.

Il l'exécute chez le lapin avec un couteau de de Graefe qu'il fait pénétrer dans la fente située entre le processus *orbitalis posterior* et l'os frontal.

L'auteur avoue n'avoir réussi l'opération que dans la moitié des cas ; il eut très fréquemment une inflammation névro-paralytique de la cornée. Sur trente lapins, il n'eut que six succès complets.

Il note le rétrécissement de la pupille chez les lapins, suivi, au bout de deux et trois jours, de la dilatation, l'absence de contraction réflexe de l'iris sous l'influence de la lumière solaire ; l'anesthésie, complète ou partielle, de la cornée.

Il paraît considérer comme la règle les accidents de fonte de l'œil. « L'atrophie aiguë du bulbe chez les lapins est parfois si rapide, dit Berlin, qu'en moins de vingt-quatre heures le cristallin vient se placer contre la rétine. » Les troubles de nutrition observés, les altérations profondes du fond de l'œil, tiennent, d'après cet auteur, à la lésion des vaisseaux afférents et non à la destruction des nerfs ciliaires.

Berlin décrit d'une façon très précise les troubles circulatoires du fond de l'œil, qui suivent la section du nerf optique. « A l'aide de l'ophthalmoscope, dit-il, on reconnaît que la circulation dans les vaisseaux de l'hyaloïde se ralentit ; bientôt les capillaires et les petits vaisseaux ne laissent plus passer de globules sanguins que par places, entre lesquelles ils sont vides ; après fort peu de temps, ces globules même disparaissent, et les vaisseaux, complètement exsangues, n'apparaissent plus que comme des lignes blanches sur le fond bleuâtre de l'œil. Toutefois, le vide ne se fait pas dans tous les vaisseaux ; le tronc veineux inférieur et interne (image droite), ainsi que ses premières ramifications, contiennent encore une colonne de sang. Celle-ci exécute des mouvements oscillatoires isochrones avec l'inspiration et l'expiration. La circulation hyaloïdienne se maintient dans cet état pendant quelques jours, après lesquels on reconnaît que la colonne sanguine gagne des ramifications plus ténues, c'est-à-dire que le sang remonte le cours normal de la circulation, suivant un mouvement centrifuge dans lequel l'expiration remplit le rôle de *vis a tergo*. Lorsque les capillaires eux-mêmes sont remplis de sang, il arrive un moment où l'on voit l'onde sanguine changer brusquement sa direction, et de centrifuge devenir centripète. De ce moment, la circulation se rétablit dans des conditions physiologiques, et, au bout de deux à trois semaines, le cours du sang a repris sa force et sa rapidité. »

Berlin indique l'aspect du fond de l'œil, dans les premières heures qui suivent la névrotomie ; il signale une opacité qui gagne de proche en proche.

« Deux fois, dit-il, j'ai observé que cette opacité faisait défaut, une fois sur une grenouille et une seconde fois sur un lapin, et dans ces deux cas, j'ai constaté que les vaisseaux afférents n'avaient pas été coupés. »

Au bout de trois semaines, deux mois, il constate autour de la papille des lignes radiées avec plaques blanches, qui deviennent de plus en plus claires et brillantes, des dépôts noirâtres dus à une abondante migration de pigment.

La partie histologique du sujet est traitée avec un grand soin par Berlin¹.

En 1874, Krenchel repête les expériences de Berlin. Au lieu de faire la section extra-crânienne du nerf optique il atteint ce nerf chez les grenouilles au niveau du chiasma, et il constate, contrairement à son prédécesseur, que l'œil ne s'altère qu'au bout de six mois, et que les lésions profondes sont à peine marquées. Il ressort nettement des expériences de cet auteur qu'en diminuant le *traumatisme* on peut éviter les lésions trophiques du globe oculaire. Ces résultats sont absolument conformes à ceux que nous avons obtenus et que nous signalons plus loin.

Cl. Bernard, dans une intéressante expérience, sectionne les nerfs ciliaires, sans léser le nerf optique ; il note la sensibilité de ces nerfs, la dilatation de la pupille, l'anesthésie de la cornée et la fonte de l'œil.

« L'œil fondit complètement, ce qui tient sans doute à la fois à la destruction des vaisseaux et à celle des nerfs. » Dans ce cas, le traumatisme opératoire avait été considérable, ce qui explique la fonte de l'œil ; nous verrons plus loin que la section ciliaire, pratiquée dans de certaines conditions ne s'accompagne pas de troubles de la cornée.

Dans nos recherches bibliographiques, nous n'avons trouvé que cette seule expérience de section extra-oculaire des nerfs ciliaires pratiquée chez les animaux.

En 1875, le Dr Boucheron, voulant provoquer l'atrophie du

1. Voy. Poncelet. — *De la section optico-ciliaire.* (Archives d'ophthalmologie, n° 2, 1881.)

globe oculaire, pratique chez le chien et le lapin la section du nerf optique et des nerfs ciliaires, et il s'aperçoit que *l'œil conserve sa forme et ne subit aucune altération*. En 1876, il communique à la Société de biologie le résultat de ses recherches.

« D'après nos expériences, dit-il, la section du nerf optique et des nerfs ciliaires n'amène généralement pas la désorganisation du globe oculaire.

Pour pratiquer la section du nerf optique et des nerfs ciliaires, Boucheron coupe la conjonctive et la capsule de Tenon en arrière du plexus veineux de Schlemm, entre le droit supérieur et le muscle droit externe. Il pénètre entre l'œil et la capsule en arrière de l'œil, à travers le muscle conoïde, dégage l'hémisphère postérieur par refoulement des parties molles. Le nerf optique est senti comme une corde dure, saisi entre les branches des ciseaux et sectionné. L'hémisphère postérieur de l'œil est attiré en avant, afin de sectionner complètement tous les nerfs ciliaires.

Boucheron observe de l'anesthésie de la cornée, de la constriction pupillaire bientôt suivie de dilatation, des troubles de la circulation profonde de l'œil, de l'atrophie de la papille, dans quelques cas l'intégrité du corps vitré et du cristallin, la conservation du volume de l'œil, *l'intégrité de la cornée*.

« Toujours, chez les lapins, nous avons observé les troubles trophiques cornéens, le développement des vaisseaux cornéens et l'apparition d'une cataracte.

» Chez le chien et le chat, au contraire, la section des nerfs ciliaires ne produit pas de troubles trophiques ni de cataracte. »

Nous aurons à signaler plus loin le résultat de nos expériences, qui ne concordent pas entièrement avec la première des propositions précédentes.

Le mérite de M. Boucheron est d'avoir démontré par ses expériences qu'après la section du nerf optique et des nerfs ciliaires *l'œil conserve sa forme et ne subit pas l'altération atrophique*. S'appuyant sur cette donnée expérimentale, l'auteur a recommandé alors l'opération chez l'homme, et c'est à partir de ce moment, il faut le reconnaître, que la section optico-ciliaire est pratiquée et étudiée de tous côtés chez l'homme.

Les expérimentateurs précédents ont bien signalé la conservation de l'œil dans quelques cas, mais ils considèrent la fonte,

la phthisie comme la règle, et n'osent pas recommander l'opération chez l'homme. M. Boucheron, au contraire, opérant avec certaines précautions, voit que l'œil ne s'altère pas, et il songe immédiatement aux applications de l'opération en ophthalmologie.

En 1879, nous avons donné le résultat de nos recherches expérimentales sur la question qui nous occupe. Nous n'avions pu pratiquer à ce moment que quelques expériences, nous avions cependant donné des conclusions basées sur les résultats obtenus.

Multipliant nos recherches, suivant pendant deux années les animaux opérés, nous pouvons aujourd'hui confirmer quelques-uns de nos premiers résultats, modifier quelques conclusions trop précipitamment données, indiquer des faits nouveaux.

Depuis nos travaux, nous n'avons à signaler que les expériences peu nombreuses de sections optico-ciliaires consignées dans la thèse de M. Raynaud (1880). Cet auteur considère les insuccès, la fonte de l'œil, comme très fréquents à la suite de la névrotomie chez les animaux.

La même année, M. le professeur Pflüger (de Berne) et son élève M. Russi (de Soleure) ont publié le résultat de leurs expériences de ligature du nerf optique et des nerfs ciliaires.

A la suite de cette opération, ces auteurs ont noté :

L'insensibilité passagère de la cornée;

La perte de transparence de la cornée, qu'ils regardent comme la conséquence du traumatisme opératoire;

La dilatation temporaire de la pupille;

La diminution très légère de la tension oculaire.

Les altérations du fond de l'œil sont les mêmes que celles décrites par Berlin et Poncet, à la suite de la section optico-ciliaire.

Nous étudierons dans ce travail :

I. — *La section isolée des nerfs et vaisseaux ciliaires en arrière du globe oculaire;*

II. — *La section des nerfs ciliaires et du nerf optique dans le même point.*

Il nous paraît d'abord utile de décrire d'après nos dissections la disposition des vaisseaux afférents et des nerfs de la région

optico-ciliaire chez les animaux choisis pour nos expériences.

Chez le chien et le lapin, la disposition des nerfs ciliaires et du ganglion ophthalmique diffère peu de celle décrite chez l'homme.

Le ganglion ophthalmique est facile à trouver. Il est appliqué contre le nerf oculo-moteur et soudé, pour ainsi dire, avec lui vers le point où prend naissance la branche du muscle oblique inférieur. Il dépasse rarement le volume d'un grain de millet, et il est quelquefois si petit, qu'il peut échapper aux investigations les plus minutieuses.

La racine motrice est généralement formée de deux rameaux fort courts, venant de la troisième paire.

La racine sensitive, beaucoup plus longue, vient du nerf palpébro-nasal : c'est ordinairement par cette racine que le ganglion ophthalmique communique avec le ganglion cervical supérieur, au moyen d'un mince filet qu'elle reçoit du plexus caverneux.

Les filets émergents, nerfs ciliaires *directs*, partent de la partie antérieure du ganglion et se placent autour du nerf optique pour gagner la sclérotique en décrivant des flexuosités. Quelques-uns émanent directement du nerf palpébro-nasal, surtout quand le ganglion est rudimentaire. Nous avons fréquemment trouvé cette disposition. Le nombre des filets ciliaires directs est ordinairement de cinq à huit.

Ils sont intimement appliqués sur la gaine du nerf optique et peuvent difficilement en être séparés. Le faisceau externe des nerfs ciliaires est assez développé.

Outre les nerfs ciliaires directs, on trouve chez le chien des nerfs ciliaires *indirects* (Cl. Bernard), au nombre de deux à six, qui perforent la sclérotique en un point assez éloigné du nerf optique, le plus souvent au-dessous du muscle droit externe et supérieur.

Ces filets, qui viennent en partie donner la sensibilité à la conjonctive, peuvent être difficilement atteints par les instruments dans la section extra-oculaire des nerfs ciliaires.

La disposition de l'artère ophthalmique et de ses branches est importante à connaître ; il est nécessaire en effet de savoir d'une façon très précise les parties vasculaires que l'on peut intéresser dans la section du nerf optique et des nerfs ciliaires, et de

pouvoir ainsi étudier les troubles produits suivant que la lésion vasculaire porte sur tel ou tel rameau.

Nous avons réussi, après quelques tentatives, à injecter l'artère ophtalmique du chien et du lapin. Nous nous sommes servi du vermillon ou du bleu de Prusse broyé dans de la térébenthine, et nous avons pu injecter ainsi les plus fines ramifications terminales de l'ophtalmique. Les figures 3 et 4 de notre planche (5, 6), donnent la disposition la plus fréquente des vaisseaux artériels qui entourent le nerf optique chez le chien et le lapin, — chez le chien (fig. 3), l'artère ophtalmique croise le nerf optique à 13, 14 millimètres en arrière de l'entrée du nerf dans la sclérotique. En ces points, l'artère présente un volume assez notable, que l'on ne retrouve pas dans les branches qui entourent le nerf optique.

Elle fournit l'artère centrale de la rétine, qui vient s'anastomoser avec de petits rameaux de la gaine du nerf optique (artères vaginales de Hyrtl).

Plus haut naissent les artères ciliaires courtes (3), l'une supérieure, l'autre inférieure, qui se divisent à l'entrée du nerf optique et, au moment de perforent la sclérotique, en cinq à six petits rameaux (4), lui formant une sorte de couronne.

Les artères ciliaires longues (5) présentent un volume un peu supérieur à celui des artères ciliaires courtes. — Elles sont au nombre de deux, l'une interne et l'autre externe; elles restent superficielles dans une assez grande étendue et ne perforent la sclérotique que dans un point assez éloigné du nerf optique.

Il est à remarquer que, chez le chien et le lapin, les artères ciliaires longues et courtes sont groupées autour du nerf optique, et qu'une section portant à quelques millimètres de l'entrée de ce nerf dans la sclérotique les détruit avec tous leurs rameaux.

Les artères ciliaires antérieures ne naissent pas de l'ophtalmique.

Nous avons fréquemment rencontré le rameau artériel (6) qui vient perforent la sclérotique en (7), et nous pensons que c'est par ce vaisseau et les voisins que se rétablit la circulation à la suite de la section optico-ciliaire. Chez le lapin, la disposition diffère peu de celle que nous venons de décrire chez le chien (fig. 4). Le rameau artériel (5, 6), rameau ciliaire an-

térieur, naît fréquemment du tronc de l'artère ophthalmique, 2 ou 3 millimètres après qu'elle a croisé le nerf optique.

Chez le lapin, l'artère ophthalmique croise le nerf optique à 6 à 7 millimètres en arrière du point de pénétration du nerf au niveau de la sclérotique.

La disposition des artères donne des renseignements sur le point où doit porter la section du nerf optique. Si la section se rapproche de l'ophtalmique, on rencontre des vaisseaux afférents volumineux, ou le tronc de l'artère ophthalmique elle-même, et de là des hémorragies nuisibles.

Dans la section du nerf optique en arrière du globe oculaire chez le chien et le lapin, on sectionne, d'après la disposition de l'artère ophthalmique que nous venons d'indiquer, les artères et les veines ciliaires longues et courtes.

La circulation se rétablit principalement par les ciliaires antérieures.

I. — SECTION DES NERFS CILIAIRES EN ARRIÈRE DU GLOBE OCULAIRE. — La section des nerfs ciliaires en arrière du globe oculaire est une opération difficile chez l'homme et chez certains animaux. On parvient difficilement, en effet, sans produire de grands désordres, à atteindre le nerf optique et à sectionner les rameaux nerveux ciliaires qui l'entourent.

Chez le chien, la disposition anatomique de la cavité orbitaire facilite la section des nerfs ciliaires autour du nerf optique.

Chez cet animal, en effet, l'œil, au lieu d'être protégé en dehors et en haut par une paroi osseuse, est en contact avec les parties molles soutenues cependant par un cartilage arciforme de 3 millimètres de large. Ce cartilage n'est pas résistant et peut être facilement sectionné avec de forts ciseaux droits. Cette disposition m'a permis d'arriver, sans grand traumatisme, à sectionner presque tous les nerfs ciliaires autour du nerf optique, avant qu'ils s'engagent dans la sclérotique. Dans mes premières expériences, je me suis servi du procédé suivant :

Après avoir administré du chloroforme et de la morphine, afin d'obtenir une insensibilité et une immobilité parfaites, je pratique sur la paroi supérieure de l'orbite une incision de 35 millimètres environ, j'arrive ainsi sans hémorragie notable sur le cartilage, que je sectionne avec de forts ciseaux. Faisant

alors écarter les deux lèvres de la plaie, je pénètre en arrière du globe oculaire. Je découvre le nerf optique et je sectionne, au moyen d'un petit ténotome recourbé et à pointe aiguë, les nerfs et les vaisseaux ciliaires.

J'ai abandonné ce procédé, qui ne me permettait pas de couper facilement les filets ciliaires internes et inférieurs.

Voici le procédé qui me paraît le meilleur :

Avec des ciseaux, on fend la commissure externe de la paupière et le cartilage jusqu'au bord antérieur du muscle temporal qu'il faut éviter afin de ne pas avoir une hémorragie gênante.

On fait écarter les tissus; puis, prenant avec une pince à griffes la conjonctive, on la divise, on sectionne le muscle externe et l'on pénètre alors avec des ciseaux courbes en arrière du globe oculaire. Un aide saisit avec des pinces à griffes l'œil et l'attire en dedans et en avant. On aperçoit un paquet graisseux qu'il faut diviser avec soin et qui entoure le nerf optique.

Nous nous servons alors d'une sorte de crochet à pointe mousse, présentant une courbure suivant la convexité de l'œil (voy. planche 6, figure 1, 2), la concavité du crochet est dirigée en bas. Cet instrument permet de saisir le nerf optique et de l'attirer sans trop de tiraillements. La figure indique la façon dont l'instrument doit être appliqué.

Nous pensons qu'il y aurait avantage à se servir de notre instrument dans les sections extra-oculaires pratiquées chez l'homme. Dans nos recherches sur le cadavre, nous avons toujours éprouvé une grande difficulté à apercevoir le nerf optique et à sectionner isolément les nerfs ciliaires; l'emploi de l'instrument que nous venons de décrire nous a facilité l'exécution de cette opération. Chez nos animaux, après avoir saisi le nerf optique et l'avoir attiré, nous divisons avec des ciseaux ou un ténotome à pointe aiguë et recourbée les filets nerveux et les vaisseaux qui entourent le nerf, principalement à la partie externe et au niveau du ganglion ophthalmique. On peut en outre, au moyen du ténotome, diviser les parties qui se trouvent au-dessus, au-dessous du nerf optique et même en dedans, au niveau de la sclérotique. On remet l'œil en place, on suture exactement la commissure et la paupière dans sa partie externe.

L'hémorragie est généralement peu abondante.

Grâce à ce procédé, on arrive à sectionner la presque totalité des nerfs ciliaires; on n'arrive que très difficilement cependant à atteindre les filets ciliaires internes et les filets indirects.

Le traumatisme opératoire est peu considérable et la réunion de la plaie se fait presque, dans tous les cas, par première intention.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

FIG. 1. — Crochet destiné à saisir le nerf optique dans la section extra-oculaire des nerfs ciliaires.

FIG. 2. — Position de l'instrument, pendant l'opération.

FIG. 3. — Artère ophtalmique chez le chien. — Disposition la plus fréquente.

I. — Côté interne. — E. — Côté externe.

1. Artère centrale de la rétine. — 1. Trone de l'artère ophtalmique. — 3.

Artères ciliaires courtes. — 4. Branches des ciliaires courtes. — 5. Artères ciliaires longues. — 6-7. Artère ciliaire antérieure. — 8. Rameau ciliaire ne naissant pas de l'ophtalmique.

FIG. 4. — Artère ophtalmique chez le lapin. — Disposition la plus fréquente.

1. Nerf optique. — 2. Trone de l'artère ophtalmique. — 3-4. Artères ciliaires.

— 5. Artère ciliaire antérieure naissant de l'ophtalmique. — 6. Artère ciliaire antérieure ne naissant pas de l'ophtalmique. — 7. Rameau ciliaire ne naissant pas de l'ophtalmique. — 8. Artère centrale de la rétine.

(A suivre.)

BIBLIOGRAPHIE

LA CORNÉE. — TERMINAISONS NERVEUSES

LEÇONS D'ANATOMIE GÉNÉRALE FAITES AU COLLÈGE DE FRANCE

Par L. RANVIER.

Recueillies par M. Weber, revues par le professeur, accompagnées de figures dans le texte (Paris 1881, J.-B. Baillièvre).

Il nous suffirait, pour montrer l'importance de ce livre, de transcrire ici purement et simplement la table détaillée des matières traitées dans ces vingt-cinq leçons; mais nous désirons faire plus et mettre nos lecteurs au courant des acquisitions scientifiques qui signalent cette année, comme toutes les autres

du reste, l'enseignement de l'anatomie générale au Collège de France. Le plan de recherches adopté dans le laboratoire du professeur Ranyier est toujours invariablement suivi: contrôle minutieux de recherches antérieures, étude des organes dans la série animale pour arriver à leur interprétation philosophique et rationnelle, initiation de l'auditoire à toutes les difficultés de la technique et de l'étude, puis synthèse, avec apport de preuves nouvelles et souvent de découvertes importantes; telle est la méthode fertile en succès que nous voyons appliquer depuis dix ans. Mais avec cette méthode il faut encore un guide: c'est l'hypothèse dans l'investigation. L'expérience pour l'expérience, l'expérience sans but ne conduit à aucun résultat. » Que si, chemin faisant, l'hypothèse conductrice rencontre des faits opposés, il faut savoir la modifier, y renoncer; et si même les faits paraissent discorder, l'expérimentateur peut être sûr que les conditions du déterminisme ne sont pas les mêmes. Ce principe de Claude Bernard trouve surtout son application dans les recherches physiologiques.

Continuant ses études sur les terminaisons nerveuses, M. Ranyier était arrivé cette année aux nerfs de la cornée. Mais au seuil de cette question se présentait une difficulté de premier ordre: la structure même de la cornée, qui est depuis longtemps un objet de litige. Cependant, ne l'oublions pas, le résultat ultime de ces leçons doit être la connaissance du mode d'innervation de cette membrane transparente.

Or, quel est le système de développement des nerfs? Etant donné le caractère épithéial (ectodermique) des premières cellules nerveuses, il est utile de rappeler qu'Ilhanover avait constaté la nature spéciale des cellules à prolongement de l'épendyme. Elles ont une grande analogie avec les bâtonnets et les cônes, les cellules du goût et celles de l'odorat. Ces dernières cellules terminales épithéliales seraient alors le point où aboutiraient les nerfs de sensibilité. Entre les centres et ces extrémités seraient placées les fibres nerveuses, qui s'étireraient, s'allongeraient peu à peu. C'est la théorie de Husenu. Schwam pense, au contraire, que les nerfs s'accroissent par des cellules placées bout à bout, en allant du centre à la périphérie. Vient enfin la théorie de la *croissance continue* à laquelle M. Ranyier se rattache; mais il ne se dissimule pas combien il est difficile

d'expliquer pourquoi la fibre ainsi progressive se rend toujours sans erreur au point précis où elle doit aller.

Après ces considérations, dont nous constaterons plus loin l'utilité, l'auteur aborde la structure propre de la cornée, au sujet de laquelle bien des opinions ont été émises. En remontant à l'embryologie, on reconnaît que le feuillet externe du blastoderme se renfle au niveau de la vésicule du cristallin; celui-ci se sépare du feuillet externe, et, d'autre part, la vésicule oculaire s'éloigne de la masse cérébrale, cette dernière constituant la rétine et l'épithélium choroïdien. Entre ces deux organes ectodermiques, les noyaux du mésoderme viennent s'insinuer. Selon Kessler, la formation de la cornée offrirait le schéma suivant : 1^o une couche épithéliale (feuillet ectodermique); 2^o couche anhiste (du même feuillet); 3^o couche cellulaire (feuillet du mésoderme); 4^o couche anhiste postérieure (du feuillet externe); 5^o épithélium plat (mésodermique).

Quoique discutable, cette conception sera conservée parce qu'elle offre certains avantages pour l'étude.

Ranvier divise l'historique des travaux publiés sur la cornée en trois périodes : 1^o période de l'acide acétique jusqu'en 1861; 2^o période de l'argent, de 1861 à 1867; 3^o période de l'or, de 1867 à 1868.

Période de l'acide acétique. — Jusqu'en 1861, la compression et l'acide acétique étaient les seules méthodes employées. Elles ont donné naissance à la théorie de Reichert : cet anatomiste niait l'existence de fibrilles, n'admettant que la substance homogène produite par l'acide. En 1842, Toynbee décrit les corpuscules de la cornée, ajoutés dès lors à l'épithélium antérieur observé par Lœwenhoeck. Virchow ne tardait pas à ranger ces éléments de la cornée dans le type général du corpuscule osseux, et la membrane elle-même se groupait dans la constitution générale des tissus à substance fondamentale parcourue par un système de canalicules. Cette idée fut acceptée par Kölle et Leydig; cependant, Henle ne voulut pas s'y rallier, ni admettre la conception de cellules creuses anastomosées. Schwam, pensant qu'à une certaine période tous les tissus dérivent de la cellule, décrivit les fibres des cellules auxquels Henle ajouta les fibres de noyaux résistant à l'acide. En 1845, Bowmann, observant l'opacité qui se produisait dans la cornée sous la pres-

sion, considéra cette membrane comme composée de lames entrecroisées entre lesquelles existaient des espaces tubulaires qu'il injecta d'air. Le dernier mémoire de cette période est celui de Hiss (1856), où nous retrouvons une affirmation de la doctrine de Virchow. Hiss toutefois a donné une bonne description des nerfs de la cornée, bien qu'il ait parlé de cellules nerveuses dans les points nodaux.

Période d'argent. — Coccius s'était déjà servi de ce réactif en 1854, mais en 1860 Recklinghausen indiqua plus explicitement son mode d'emploi. Hiss l'aurait aussi employé en 1857. En 1862, Recklinghausen nie la cellule de Virchow et décrit les *Saftkanälchen* contenant des cellules dans leur intérieur. Ses imprégnations négatives devaient en effet le conduire à cette interprétation. A ce moment, M. Schultze avait démontré que la cellule n'avait pas nécessairement une membrane externe. En 1863, Recklinghausen signale pour la première fois la migration des éléments cellulaires dans les tissus en s'aidant de la chambre humide, et il constate la nature lymphatique des cellules migratrices qu'il teintait d'abord au vermillon dans les sacs lymphatiques de la grenouille.

A la même époque, Kuhne, examinant les formes que prennent les cellules de la cornée sous l'influence de l'irritation, leur refuse la nature connective et les place hors cadre, en admettant que les nerfs se terminent directement dans leur protoplasma contractile. En 1865, Hoyer considère ces éléments comme des endothéliums appliqués sur les lames de l'organe.

Période d'or. — Après un second travail de Hoyer sur les nerfs de la cornée, dont il avait bien décrit les fibres perforantes jusqu'entre les cellules épithéliales, Cohnheim, en 1866, se servit de l'or pour étudier les rameaux nerveux. Vérifiant la description de Hoyer, il put suivre les fibres nerveuses jusqu'à leur extrémité, qui, d'après lui, se terminait par un bouton flottant dans les larmes, à la surface épithéliale. Il décrivit encore un plexus abondant dans la limitante anhiste antérieure qu'il appelait *stratum nervosum*. Kolliker nia cette disposition, ainsi que les boutons terminaux flottant. En 1867, Engelmann perfectionne la chambre humide : sur la cornée étudiée vivante, il démontre la transparence complète des cellules à peine distinctes, celles-ci devenant plus visibles après quelques heures.

Il ne retrouve pas la contractilité des cellules indiquée par Kuhne, non plus que la continuité des fibres nerveuses et des cellules; enfin il constate la migration, dans tous les sens, des éléments lymphatiques. A la même époque, C. P. Müller rejette l'hypothèse des tubes de Bowman: ces espaces, selon lui, résulteraient de l'écartement artificiel des lames. En 1869, Schweiger-Scheidel adapte à la constitution de la cornée la notion, déjà établie dans la science, de l'endothélium en plaque des faisceaux conjonctifs, que Ranvier avait donnée dans ses cours du Collège de France.

En 1872, Ranvier démontre l'existence des crêtes d'empreinte sur les cellules, fait que Rollett avait négligé, et qu'on retrouve bientôt dans les mémoires de Fuchs et Swaen. Fuchs sépare les cellules de la cornée en orthoclones (à rameaux droits) et en dendroclones (rameaux irréguliers): il reconnaît encore des cellules dites en oiseaux.

Quant aux nerfs: Lippmann, en 1869, les fait arriver jusqu'aux noyaux, adoptant les idées de Frommann et Frankenhauser, alors en vogue. Lasdowski confirme l'existence des cellules ganglionnaires de Hiss. Klein pense que les boutons ne sont que la vue de face de fibres récurrentes. Hoyer, en 1873, décrit le plexus fondamental, le plexus sous-basal, le plexus sous-épithérial, et enfin le plexus intra-épithérial.

Après cette longue revue critique, M. Ranvier arrive à l'étude expérimentale de la cornée: il démontre que cette membrane doit sa transparence non à un liquide interposé, mais à la disposition fibrillaire de ses parties, révélée soit par l'acide osmique, soit par la coction à 55 degrés. Les préparations plates donnent alors la sensation de plans superposés que Fuchs avait regardés comme des tourbillons. Les coupes sur des fragments fixés à l'osmium, puis colorés, font reconnaître, sur le boeuf par exemple, la direction des faisceaux placés perpendiculairement les uns aux autres, anastomosés entre eux par des lames obliques et s'unissant dans les étages supérieurs pour aller se fixer à la membrane basale antérieure. Quant aux tubes de Bowman, les injections au bleu de Prusse indiquent par la forme et les angles de la masse injectée qu'ils sont formés par l'écartement des fibrilles et ne préexistent nullement.

La membrane basale postérieure ou de Descemet appartient-

elle à la même constitution? Pour l'isoler, il suffit d'attendre deux ou trois jours en la laissant sur un œil de bœuf séparé; on la détache en l'empêchant de se replier en avant. Cette membrane se colore toujours en rouge par le carmin, en violet intense par l'hématoxiline. Une ébullition de trente heures démontre sa structure finement lamellaire. Elle est monoréfringente à l'état normal, mais biréfringente quand elle est comprimée.

La membrane basale antérieure ou de Bowman ne s'isole pas comme celle de Descemet; cependant sur la cornée de la raie, on obtient par la coupe des préparations très instructives. Elle reste colorée en rose vif, et de sa face postérieure partent des séries de fibres perpendiculaires qui traversent toutes les lames de la cornée pour aller à la face postérieure. Ces fibres suturales s'anastomosent entre elles, se colorent peu au carmin et portent de petites expansions latérales s'insérant au plan des lames perforées. Elles expliquent pourquoi dans l'eau la cornée de la raie ne se gonfle pas.

Comme analogie de ces fibres de soutien, sur une cornée d'enfant, on retrouve à la face postérieure de la membrane de Bowman des angles saillants avec fibres visibles au picrocarmin; cette membrane se colore en rose, la membrane de Descemet au contraire tourne au jaune orange; à l'osmium celle-ci est brune, et celle de Bowman est incolore comme les fibres de soutien et les lames de la cornée. L'opinion de Kessler, qui attribue à ces deux feuillets une même origine embryonnaire est donc peu vraisemblable.

Enfin, si l'on remonte à la composition du tissu tendineux ordinaire, la membrane basale antérieure doit être considérée comme un équivalent des fibres annulaires et spirales formant l'enveloppe des faisceaux connectifs.

La question la plus difficile dans cette étude est celle des *cellules propres de la cornée*. Elles sont de deux sortes: les fixes ou connectives; les migratrices ou lymphatiques.

Ce n'est pas en observant les *cellules fixes* sur des cornées vivantes qu'il serait facile de s'en faire une idée. Les coupes sont plus avantageuses: les perpendiculaires démontrent d'abord que les cellules sont placées entre les lames; mais en pressant ces coupes les lames se séparent, restant recouvertes d'une enveloppe colorée et emportant des cellules accolées aux deux

lèvres. L'acide sulfurique, avait remarqué Hiss, isole très bien les cellules, et en les colorant, il est alors aisé de comprendre la forme du réseau qu'elles constituent. Les crêtes d'empreinte que personne n'avait dessinées, y sont très évidentes.

En se servant de l'argent, par le frottement direct du crayon sur la cornée, ce qui donne des imprégnations négatives, une particularité précieuse est à noter d'abord, dans le réseau teinté : c'est la couleur plus sombre qui se prononce en se rapprochant du bord de la cellule; nous l'expliquerons plus bas. Ces cellules varient suivant les animaux : larges chez la grenouille et le triton, elles sont petites chez le lézard. Chez le bœuf et le cheval, elles ont de longs prolongements; chez l'homme, le chien et le chat elles sont très étendues.

Dans les imprégnations positives obtenues en laissant simplement la cornée touchée au crayon dans l'eau distillée, les ramifications des cellules se retrouvent avec toute leur netteté et sans rétraction, comme avec l'acide sulfurique.

Ces deux méthodes démontrent encore que les parties remplies d'un liquide albumineux réduisent aisément le sel d'argent, tandis que les parties contenant de l'albumine cellulaire sont réservées. Si sur des imprégnations on fait colorer les noyaux après action de l'acide oxalique, ceux des cellules fixes apparaissent nettement avec leurs formes irrégulières; les cellules de la cornée imprégnées et colorées, alors ramifiées, largement anastomosées en réseau, et séparées par des lignes endothéliales.

La méthode de l'or et au jus de citron, comme l'a décrite l'auteur, donne aussi dans cette étude de magnifiques résultats permettant de classer les éléments en deux types : les uns corpusculaires (lézard), les autres membraniformes, à larges anastomoses (cheval, bœuf, rat, homme). Les coupes perpendiculaires surtout montrent très nettement alors les crêtes d'empreinte comme des arêtes sur les cellules. Pour obtenir de bonnes colorations, il est essentiel de ne pas prolonger trop longtemps le séjour dans le chlorure d'or : deux heures ne permettent plus de distinguer les cellules; un quart d'heure à vingt minutes donnent au contraire de fortes teintes violettes.

Dans la chambre humide et dans l'humeur aqueuse, la cornée ne laisse d'abord reconnaître que des formes peu précises,

mais après quelques heures les résultats changent et les cellules apparaissent. Ce sont des éléments orthoclones (Fuchs) et dendroclones, que Waldeyer a figurés avec des noyaux, bien que ces derniers ne soient jamais visibles à l'état vivant, même chez l'axolotl. Si les cellules mettent un peu de temps à se montrer, c'est que pendant la vie les éléments fixes de la cornée sont invisibles. Il suffit que les fibres absorbent au contraire de l'eau pour que les cellules, n'en prenant pas, deviennent évidentes par différence de réfringence.

Ces éléments fixes sont-ils irritable, comme Kuhne l'avait pensé? Ni la pression, ni les excitations mécaniques ne semblent le prouver : les décharges d'induction, quand elles sont faibles, n'exercent aucune action ; quand elles sont fortes, elles tuent la cellule : dans ces dernières conditions, la température exerce encore une influence considérable sur la rapidité d'apparition du noyau. Cette apparition même s'explique alors par l'auto-digestion de la cellule au moment où se produit la diffusion dans toute la masse des liquides digestifs qu'elle contient. Les courants électriques font apparaître souvent des noyaux divisés granuleux ; dans ces conditions le double contour et la membrane du noyau ont été brisés par le courant. Après cette rupture, l'auto-digestion paraît agir bien plus énergiquement que le courant dans la réduction à l'état granuleux.

Avec les notions précédentes, il est aisément de comprendre les rapports des cellules fixes avec les lames. Le bleu de Prusse injecté suivant la méthode de Bowman pénètre dans les espaces où sont logées les cellules et donne des teintes plus colorées au bord des travées ; il fuse entre les lames accolées sans matière cimentaire et les sépare après avoir dessiné le contour des cellules. C'est ce protoplasma plus abondant dans l'angle des cellules qui donne aux imprégnations d'argent leurs bords sombres particuliers dont nous avons parlé. La discussion sur les canaux du sac est dès lors sans importance.

Entre les espaces formés par les lames anastomosées existe-t-il un revêtement endothérial ? Aucune préparation ne permet de le penser.

Outre les cellules fixes appliquées sur les faisceaux de fibrilles, la cornée contient une autre catégorie d'éléments : *les cellules*

migratrices; c'est même dans cette membrane que pour la première fois la migration des leucocytes a pu être observée; ils apparaissent sur une cornée vivante quand les cellules fixes sont encore invisibles. Variables suivant les individus, plus nombreuses à la périphérie, les cellules lymphatiques ont, suivant leur siège, des formes différentes: entre les lames elles sont aplatis; dans l'intérieur même de la lame, elles s'allongent en fuseaux ou épieux. Rien n'est plus facile que de les fixer instantanément dans leurs mouvements protoplasmiques; les vapeurs d'acide osmique les immobilisent après dix minutes d'exposition. Elles voyagent indifféremment dans toutes les couches et dans toutes les directions, et non pas dans des canaux préformés, comme l'avait pensé Recklinghausen. L'or les fixe et les teinte énergiquement, qu'elles soient intra-lamelleuses ou intra-fasciculaires. Elles se rencontrent souvent au milieu des faisceaux coupés perpendiculairement.

L'électricité influe-t-elle sur leur forme? Dans une goutte de lymphé, à la chambre humide, les courants ne semblent pas les modifier; dans les lamelles de la cornée, sous l'influence d'une décharge moyenne, elles sont plutôt excitées, mais un courant fort les immobilise sans leur donner une forme globuleuse contractée; alors apparaissent un certain nombre de granulations graisseuses. L'origine de ces granulations est fournie par l'expérience du fragment de sureau placé dans le sac lymphatique de la grenouille. On sait que ce fragment se charge bientôt de cellules lymphatiques remplies de granulations graisseuses, car dans ces conditions, les échanges de nutrition ne s'opèrent plus. Un fragment de cornée se charge aussi de cellules comme le sureau, et l'expérience devient plus belle quand on a teinté précédemment la lymphé au vermillon. Si dans la cornée ces cellules lymphatiques se portent surtout à la région antérieure, c'est peut-être parce que, là, elles arrivent plus facilement au contact de l'oxygène; cependant les éléments suivent le même chemin sur des morceaux de cornée enfermés dans les sacs lymphatiques; la structure de la membrane dont les lames se dirigeaient en avant aurait donc une influence majeure sur leur trajet.

Les cellules migratrices viennent assurément du sang, au moins en partie, comme l'a démontré Cohnheim en colorant le

sang lui-même au bleu d'aniline : les cellules de la cornée prennent bientôt cette coloration.

Il ne nous reste plus pour arriver aux nerfs, but final de ce livre, qu'à donner l'analyse des épithéliums cornéens.

L'épithélium antérieur est composé de trois couches : profonde, moyenne et superficielle. Les éléments de la couche profonde dissociés ont été décrits par Rollet comme ayant un plateau basal ; Henle, Langerhans leur donnent une base dentelée.

Chez la salamandre, on distingue en effet le plateau, mais il est strié et se colore au picro-carminate en rose pur. Le noyau passe au rouge et le protoplasma au jaune. Quant aux cellules à pied, elles sont constituées par des éléments profonds qui dépassent les autres et présentent un noyau en voie de division : elles fournissent à la régénération de l'épithélium. Les éléments moyens sont des cellules à fossettes, cavités produites par le contact des cellules profondes à pied. Toutes ces cellules contiennent de la myéline, qui préside à la formation des vacuoles, si fréquentes dans ce revêtement épithéial. Les épithéliums superficiels sont allongés, à empreintes, et riches en vacuoles.

La migration des cellules lymphatiques dans l'épithélium, niée par Engelmann, est cependant facile à vérifier, en observant la cornée dans l'humeur aqueuse et la chambre humide ; mais il faut avoir soin de recourir à la cornée de l'axolotl ou du triton crété : les cellules migratrices peuvent traverser la membrane basale antérieure.

Néanmoins sur l'homme, Ranvier n'a jamais vu de cellule lymphatique engagée dans la membrane de Bowman, peut-être suivent-elles les nerfs ou les vaisseaux de la conjonctive.

L'épithélium postérieur est bien différent de l'épithélium antérieur. Swaen a divisé chaque épithélium en deux parties : une antérieure, lame fixe appliquée sur la membrane de Descemet ; l'autre plus molle, protoplasmique, à noyau. Les cellules traitées au nitrate d'argent donnent très nettement des lignes endothéliales et des noyaux *irréguliers* dans leur coloration. Ranvier ne peut y reconnaître la division de Swaen, et en les examinant après durcissement dans le bichromate d'ammoniaque, il les considère comme des éléments à peu près cubiques, cylindriques, de petite élévation. En résumé, est-ce un endothélium ? Il est d'une seule couche, aplati, et, suivant Hiss, ce revêtement vien-

drat en effet du feuillet moyen. Cependant ces cellules sur les mammifères se modifient assez pour qu'on puisse en faire un épithélium.

A cet égard, *les tendons du ligament pectiné* permettent bien de suivre les modifications du revêtement épithéial. Ces tendons, en effet, sont composés de deux parties : un axe fibrillaire et une écorce épaisse à revêtement épithéial. L'écorce est située parallèlement à la direction des travées, bosselée ; elle se continue avec la membrane de Descemet, et porte alors un véritable endothélium : retour de l'épithélium postérieur à son état premier. La travée fixe part au contraire de la cornée même, des faisceaux postérieurs.

Les vaisseaux de la cornée viennent de la conjonctive, et sur l'embryon ils forment un réseau capillaire complet. Il n'existe pas de vaisseaux lymphatiques canaliculés ; la circulation plasmique s'y fait par des espaces irréguliers en communication avec les vaisseaux de la conjonctive.

Toute cette minutieuse et complète étude conduit à la conception rapide du *trajet des nerfs*. « La richesse nerveuse de la cornée est vraiment extraordinaire et aucune description ne saurait en donner une idée. » En employant l'or et le jus de citron, on arrive à distinguer dans ces différents plans nerveux nés des ciliaires : un plexus annulaire, fondamental, sous-épithéial, intra-épithéial, enfin des plexus accessoires.

La plupart des fibres du plexus annulaire contiennent de la myéline, puis elle disparaît, après avoir reparu quelquefois pour un instant. Le lapin présente un réticulum nerveux cornéen d'une régularité et d'une richesse prodigieuses : les fibres y forment des chiasmas d'un enchevêtrement très complet, avec noyaux près des bifurcations, mais jamais avec éléments ganglionnaires.

Pour comprendre les rapports des nerfs avec les éléments de la cornée, il faut examiner des préparations à plat et des coupes. Celles-ci démontrent que les nerfs ne cheminent pas toujours entre les lames, mais souvent dans leur intérieur et au milieu des fibrilles constituantes. Sur les préparations plates à l'or, il est aisément aussi de reconnaître qu'ils ne suivent jamais complètement le réseau cellulaire ; les nerfs n'ont pas un trajet marqué d'avance, ils cheminent au hasard dans la

voie ouverte, pour se rendre à l'objet de leur gouvernement. Dans ce plexus fondamental, il faut encore distinguer les fibres perforantes qui sur les coupes perpendiculaires traversent la basale antérieure en formant une espèce d'entonnoir filamenteux.

Arrivées sous l'épithélium, les fibres se replient aussitôt et toutes se dirigent parallèlement comme les lanières d'un souet vers le centre de la cornée, formant ainsi le plexus de Cohnheim, plexus qui ne constitue pas la majorité de la basale antérieure, comme le pensait cet auteur; il repose seulement sur la face profonde de l'épithélium.

De ce réseau parallèle montent des fibrilles placées entre les cellules cylindriques profondes; arrivées à la couche moyenne, elles s'incurvent, s'anastomosent en formant des anses à convexité antérieure et constituent alors le réseau intra-épithélial. De ces anses et des fibres profondes, naissent directement des fibres (terminales) qui finissent par un bouton fortement coloré à l'or. Le bouton ne flotte pas librement dans l'humeur aqueuse (Cohnheim), il est placé entre l'épithélium.

Les plexus accessoires sont formés par des fibres fines droites qui se rencontrent dans les régions profondes; elles ne paraissent pas former de véritable terminaison nerveuse, et se logent dans les interstices lamellaires. Ces fibres ne se terminent pas non plus dans les cellules, comme Kuhne et Lipmann l'avaient pensé; elles s'y accolent souvent dans leur trajet, mais ne s'y arrêtent pas, et nul jusqu'ici n'a pu démontrer la terminaison d'une fibre nerveuse dans une cellule.

Malgré cette richesse extrême de nerfs, la sensibilité de la cornée est assez grossière. Les expériences de contact avec des objets légers, souples, donnent de médiocres résultats; si on les prend piquant, c'est alors la sensation douloureuse qui prédomine sur toute la cornée. Comment donc marche la sensibilité dans ces réseaux nerveux si abondants? Pour résoudre cette question, Ranzier, avec un bistouri spécial, a coupé dans un segment de la cornée et à la périphérie, les nerfs qui sont toujours placés dans les deux tiers antérieurs de l'épaisseur cornéenne, et après repos, il est aisé de voir que tout le secteur correspondant à l'incision est paralysé, bien que les rayons de ce secteur insensible soient un peu irréguliers. Cette expérience démontre

que le plexus fondamental n'est pas un appareil nerveux dont les différentes parties seraient solidaires les unes des autres.

Ce fait devait conduire l'auteur à étudier sur un terrain aussi favorable *la régénération nerveuse*. Il y a là des faits bien singuliers. Le plexus fondamental d'un secteur opéré et isolé résiste sept jours à la dégénérescence, rencontrée dans les autres nerfs au bout de deux jours. Mais, en revanche, les fibres de l'épithélium disparaissent.

Ce fait peut s'expliquer en pensant que la cornée propre tenant en somme peu d'éléments cellulaires, la résorption de la fibre se fait lentement; tandis que dans l'épithélium l'absorption est plus aisée.

Le raclage de l'épithélium pratiqué pour suivre la régénération des fibres terminales, démontre que l'élément nerveux ne se régénère pas comme l'élément cellulaire. Dans ces examens de la sensibilité, il faut avoir grand soin de ne pas appuyer, car les couches profondes répondent alors pour l'épithélium. Quoi qu'il en soit de ces difficultés, il résulte que dans ces expériences sur la sensibilité épithéliale, malgré la section nerveuse, la nutrition de la membrane est parfaite, la cornée reste transparente, bien que privée de son plexus épithélial.

Existe-t-il alors dans la cornée même des *nerfs trophiques*?

Ranvier à ce sujet revise les expériences de Magendie et de Claude Bernard, en citant les opinions de Graeffe, Schiff, Battner et Meismer sur les lésions de la cornée consécutives à la section de la cinquième paire: opinions singulièrement modifiées par la précaution de Snellen consistant à coudre l'oreille du lapin sur l'œil, et par la production de traumatismes symétriques de Lenftleben. Ranvier décrit les expériences qu'il a entreprises à ce sujet, suturant puis détachant l'oreille, et voyant la kératite reparaitre ou s'arrêter suivant l'absence ou le maintien de l'abri auriculaire protecteur; même fait se produit aussi sur les poils, qui deviennent blancs par leur pointe. La kératite n'est donc pas le résultat de la section elle-même, comme branche trophique, mais bien la conséquence d'un traumatisme non senti par l'animal.

Du reste, l'auteur a varié le mode expérimental ancien: il respecte la sensibilité de l'œil et de la face, en ne coupant que les nerfs de la cornée, à la périphérie, suivant le procédé in-

diqué plus haut. La cornée, bien qu'insensible, conserve alors une transparence parfaite. L'existence des nerfs trophiques est donc à rejeter; mais ce ne sont pas non plus les escharas, le traumatisme violent, qui suffisent pour amener la fonte de l'œil. Il faut de petits chocs répétés et constants, alors la kératite se produit. Quant à l'influence des ganglions, Ranvier établit par l'interprétation d'anciennes expériences faites sur les ganglions spinaux des chiens, que ces organes ne peuvent être considérés comme des centres trophiques pour la peau, pas plus que ceux du sympathique pour la cornée.

Revenant à *la régénération* des branches nerveuses, il décrit la conformation particulière des branches perforantes; quinze jours après le raclage de l'épithélium, elles se garnissent de bourgeons, premiers vestiges du plexus à remplacer.

Or cette disposition est absolument semblable à celle que prennent les branches perforantes sur la cornée de l'embryon ou de l'enfant nouveau-né. La régénération des fibres épithéliales ne se fait pas du reste régulièrement, car si elle a été rencontrée sur des cornées quarante jours après la section, sur d'autres, trois mois après, elle ne s'était pas produite. Quand les gros troncs se reforment ainsi que le plexus fondamental, les fibres nouvelles ne suivent pas du tout le trajet des premiers nerfs. La théorie du bourgeonnement trouve donc une nouvelle confirmation dans ce mode si curieux de régénération.

Si nous avons donné de ce livre une analyse très détaillée, c'est que ni en France, ni à l'étranger, il n'existe sur la cornée de travail aussi complet, aussi riche en faits nouveaux.

F. PONCET (de Cluny).

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Par le Dr L. THOMAS

B. CORNÉE.

1. ALBITOS. De los abcessos de la cornée. *Rev. esp. de oftalmol. sif., etc. Madrid*, 1880, II, 54, 62. — **2.** BLOC. Des divers traitements du staphylome antérieur de la cornée. *Gaz. hebdom. des sc. méd. de Montpellier*, 1880, 2 s., 1; 194; 205. — **3.** CUIGNET. A propos de kératoscopie. *Recueil d'ophtalmol.*, juin 1880, p. 322. — **4.** DUYSE (D). Staphylome irido-cornéen total; opération; prothèse. *Ann. Soc. de méd. de Gand*, LVIII, 1456. — **5.** FUCHS (E). Desmoid d. Cornea. *Klin. Monatsbl. für Augenheilk.*, april 1880, p. 131. — **6.** DU MÊME. Vollständige Sequestration des Cornea nach einfache Linearextraction. *Klin. Monatsbl.* April 1880, p. 134. — **7.** GONO. De l'herpès fébrile de la cornée. *Recueil d'ophtalmol.* 1890, 3, 5 II, 229-252. — **8.** HOWE (L). Gonorrhœal conjunctivitis; rupture of cornea in one eye; use of transparent Shield. *Buffalo med. and. Surg. journal*, 1879-80, XIX, 293-297. — **9.** KRIES. Cancroïd von der Corneo-skleralgrenze. *Klin. Monatsbl. für Augenheilk.*, 278-280. — **10.** KRETSCHNER. Keratitis neuro-paralytique und Panophthalmitis nach einer Neurektomie d. Nerv. infraorbitalis. *Centralbl. f. Augenh.* Marz 1880, p. 65. — **11.** NETTLESHIP. Eine selene Form von primären Trübung der Cornea (Queres Kalke-Bands). *Archiv. f. Augenheilk.* 1880, IX 184-207. — **12.** PANAS. Du staphylome de la cornée. *Gaz. des hôpitaux*, Paris, 1880, LIII, 361. — **13.** PANAS. Du ptérygion. *Journ. de méd. et de chir. pratique*. Paris, 1880, II 15-17. — **14.** PARENT. Kératoscopie *Recueil d'ophtalmol.* 1^{er} janvier 1880. — **15.** RENAUT J. Sur les confluentes linéaires et lacunaires du tissu conjonctif de la cornée. *Comptes rendus Acad. des sc. Paris*, 1880, XC, 235-237. — **16.** RESTON CRAWFORD. Case of conical cornea; trephining; vision improved. *Lancet*, may 8 1880, p. 718. — **17.** SANTOS FERNANDEZ (J). Accidentes a que puede dar lugar el proceder par desviacon en la operacion del pterigion. *Cron. med. quir. de la Habana*, 1880, VII, 196-199. — **18.** STEINHEIM (B). Zur Behandlung des Keratoconus mit Eserin. *Arch. f. Augenh.*, Wiesb. 1880, IX, 253-256, 2pl. — **19.** STREATFIELD. Unilateral Morphœa with Exostoses and Corneal opacity. *Clin. Soc. of Lond.*, 28 may 1880, *Brit. med. Journal*. June 26 1880, p. 975. — **20.** VAN DUYSE (D). Staphylome irido-cornéen total; opération; prothèse. *Ann. soc. de méd. de Gand*, 1880, LVIII, 57-59. — **21.** WEBSTER (D). Extraction of a splinter of wood from the cornea; Read before the med. soc. of the state of New-York at its 74th annual meeting; feb. 3, 1880, *Arch. of medecine*, 1880. — **22.** ZEHENDEN. Transplantations Versuch eines Stückchens Hundhornhaut auf eine menschliche Hornhaut. Enucleation. Pathologischer Befund. *Klin. Monatsbl. f. Augenheilk.*, 1880, XVIII, 183-186.

3. Un enfant de douze ans avait en venant au monde sur la cornée dr. une tache blanche grosse comme une tête d'épingle; il se présente à la clinique du professeur Arlt, en octobre 1876. Depuis deux ans elle s'est transformée en une tumeur jaunâtre occupant le quart de la cornée, et s'étendant jusqu'au centre; la moitié même de cette membrane est devenue opaque. A la loupe, vaisseaux sanguins très fins et gros vaisseaux tortueux contenant un liquide clair; lymphatiques conjonctivaux nombreux et dilatés. Extirpation incomplète de la tumeur, récidive en quelques semaines. Examen microscopique: tumeur formée de tissu conjonctif et riche en vaisseaux lymphatiques. Revêtement épithéial de même nature que celui de la cornée, dont il est le prolongement. Au-dessous, tissu conjonctif à

noyaux peu nombreux; vaisseaux lymphatiques larges irréguliers avec un endothélium très visible, vaisseaux sanguins surtout veineux. Dans la partie profonde du tissu conjonctif, nombreux cils-de-sac glandulaires de 0,034 à 0,079 millimètres de diamètre, présentant un épithélium cylindrique et réunis par un tissu conjonctif lâche et riche en noyaux; conduits sinueux et tapissés d'épithélium cylindrique devenant cubique vers l'orifice; présentant de place en place des dilatations sacciformes. L'auteur range cette tumeur parmi les kystes dermoïdes; mais il fait remarquer qu'elle diffère de ceux qu'on a décrits jusqu'à ce jour; 1^o parce qu'elle n'empêtre pas sur la conjonctive, 2^o parce que son épithélium ne ressemble pas à celui de la peau, mais bien à celui de la cornée, 3^o parce qu'elle ne contient rien qui ressemble à des poils ou à des glandes sébacées: celles qu'elle renferme rappellent les glandes de Krause, 4^o parce qu'elle était formée en grande partie de vaisseaux lymphatiques.

6. Femme de trente ans atteinte de cataracte diabétique et admise à la clinique de Arlt, le 14 décembre 1877, O.D. Cataracte, O.G. Troubles du cristallin. Discision de la cataracte de l'œil droit; pas de résultat; cinq semaines plus tard, le trouble s'était étendue à toute la lentille; on l'extract par le procédé de de Gräfe; pas de blessures ni de prolapsus de l'iris; la cataracte a un noyau dur; pendant trois jours, tout va bien; à ce moment trouble tout autour du limbe de la cornée; elle devient pâle, l'œil rougit; atropine, fomentations froides. Le lendemain, chémosis; les troubles de la cornée ont tellement augmenté qu'on distingue à peine la pupille, puis elle prend une teinte grisâtre; le globe oculaire devient procident et le septième jour après l'opération la cornée nécrosée tombe entièrement. Plus tard, nécrose d'un fragment de l'iris. De l'examen microscopique de la membrane éliminée et de la marche de la maladie, l'auteur conclut, qu'il n'y avait pas eu de kératite purulente ayant les plaies pour point de départ mais une infiltration de tout le limbe; et que l'issue malheureuse de l'opération ne tenait en réalité qu'au diabète.

16. Renton rapporte l'observation d'une femme de 28 ans dont la vision était notablement diminuée depuis 2 ans (O.G. n° 20 Jaeger O.D. n° 2) cornée gauche conique. Arsenic à l'intérieur, trépanation avec l'instrument de Bowman; légère adhérence de l'iris à la plaie. Douleurs ciliaires, éserine. Au bout de trois mois il y avait encore un peu de sensibilité à la pression et de photophobie; destruction de l'adhérence avec les ciseaux de Wecker. Un peu de cyclite quelque temps après; au bout de trois mois, iridectomie. V. n° 8. Depuis ce moment la vision est restée bonne et la conicité de la cornée n'a pas augmenté.

19. Streatfeild rapporte l'observation suivante :

James B. 45 ans; diminution de l'acuité visuelle de l'O.G. depuis 3 semaines. Dans l'enfance, conjonctivite très intense de ce côté. Opacité occupant toute la moitié inférieure de la cornée gauche; aucun phénomène inflammatoire dans le voisinage. Malgré tout, l'opacité ne semble pas ancienne, et l'acuité visuelle n'a diminué que depuis 15 jours. Mouvements de l'œil limités; difficulté pour ouvrir les paupières. L'opacité ressemble à celles que l'on trouve dans les paralysies de la huitième paire. Peau brunâtre et sans rides du côté gauche de la face; exostoses de la mâchoire inférieure du palais de ce côté. Hutchinson qui a également vu ce malade, dit que le cas était surtout intéressant, parce qu'il y avait des troubles de nutrition variés dans le domaine de la cinquième paire. Sclérose unilatérale; téguments de la joue brunâtres et tendus. Sensibilité et mouvements musculaires intacts.

C. — SCLÉROTIQUE.

1. GALEZOWSKI. Traitement de la sclérite. *Recueil d'ophthalmologie*, juin 1880, p. 339. — **2.** MANOLESCU. De la sclérotomie dans les affections glaucomateuses. *Ann. d'ocul.*, Brux. 1880, LXXXIII, 143-161. — **3.** WATSON (W. S.) A case of traumatic eye-Ball tension, subconjunctival sclerotomy. *Brit. med. Journ.* 1880, 624.

3. C., 66 ans, reçoit un coup de pierre dans l'œil droit. Douleurs vives. Simple sensation de lumière. Sang dans la chambre antérieure. Résorption en quelques jours; disparition des douleurs grâce à des frictions faites dans la région temporaire avec un liniment opiacé. Luxation partielle du cristallin; tension excessive de l'œil. Instillations d'ésérine. Plus tard sclérotomie sous-conjonctivale. Depuis, la tension est devenue normale, et il peut lire le n° 20 de l'échelle de Jäger. Pas de douleur; hernie de l'iris dans la partie scléroticale; ne produit aucun inconveniit; elle n'est pas visible les paupières fermées; pupille légèrement déplacée en haut.

D. — CHAMBRE ANTÉRIEURE.

1. MENGX. De la paracentèse de la chambre antérieure comme traitement des abcès et ulcères de la cornée, *Rec. d'ophth.* 1880, 30., II, 281-290.

1. La paracentèse de la chambre antérieure est le meilleur mode de traitement pour les ulcères cornéens de longue durée, surtout quand une perforation est menaçante; elle agit en diminuant la pression intra-oculaire toujours augmentée en pareil cas; absolument inoffensive, elle peut être répétée à plusieurs reprises. On peut l'appliquer: 1^o Dans les larges ulcérations laissées par des phlyctènes de la cornée lorsqu'elles tardent à guérir; 2^o dans les ulcères superficiels spontanés ou traumatiques, lorsqu'ils tendent à devenir profonds ou s'accompagnent de vives douleurs dans le territoire de la 5^e paire; 3^o dans les ulcères profonds, surtout lorsqu'ils sont accompagnés de douleurs ciliaires persistantes; 4^o dans l'ulcère serpigineux (ponction centrale). Il est pourtant préférable d'employer en pareil cas le procédé de Sämis (fente de l'ulcère dans son plus grand diamètre); 5^o lorsqu'un abcès interstitiel de la cornée tend à gagner la chambre antérieure et à se transformer en hypopyon, les ponctions sont indiquées.

E. — IRIS.

1. BURNETT. (Swan M.) Iritis spongiosa (fibrinosa). *Amer. Journ. of med Sciences*. 1880, t. I, p. 153. — **2.** CARRÉ. De quelques blessures de l'œil; rupture de la sclérotique avec arrachement complet de l'iris (observat.). *Gaz. d'ophthal.* 1880, II, 49-54. — **3.** GUISHOLM (I. I.). Salicylate of sodium in the treatment of iritis. *Arch. ophth. New-York*. 1880, IX, 167-170. — **4.** DU MÉME. Iris extensively torn by a blow from a whip-lash without injury of the Cornea. *Gaillard's. Med Journ.* 1880, XXIX, 196. — **5.** DESPAGNET. Abcès de la sclérotique avec iritis de l'œil gauche; mélanosarcome de la cornée. *Rec. d'ophth.* 1880, II, p. 52. — **6.** GALEZOWSKI. Irido-cyclite syphilitique avec hypopyon. *Recueil d'ophthalmologie*. 1880, II, 22-23. — **7.** KNAPP (H.). Ein Fall von schwerer Iritis und Glaucom nach Iridenkleisis. *Arch. f. Augenheilk.* 1880, IX, 333-224. — **8.** RYERSON (G. S.). Iridemia, au total absence of the iris. *Canada Lancet Toronto*, 1879-80, XII, 264. — **9.** WOLFE. On a bleeding tumour of the iris. *Med. Times and Gaz.* 1880, I, 504.

1. Outre les formes ordinaires d'iritis M. Swann M. Burnett en a vu plusieurs fois une autre qui d'après lui présenterait un cachet particulier. Il en rapporte un cas observé récemment par lui-même : Jeune homme de dix-sept ans, ayant eu deux ans auparavant une bleorrhagie suivie de rhumatisme. Iritis pendant le cours de cette affection (O.G.). Quelques mois plus tard, nouvelle iritis, qui laisse après elle des synéchies antérieures. Iridectomie infructueuse; occlusion complète de la pupille. Depuis ce moment, accidents congestifs du côté droit. En 1879, injection péricrétatique, photophobie, hyperhémie papillaire. Les symptômes augmentent notablement dans l'espace de trois mois; sanguines aux tempes; faisait depuis longtemps des instillations d'atropine. (4 gouttes par jour de la solution suivante : sulfate neutre d'atropine 25 centigr. dans un verre d'eau). Fomentation chaudes. Cornée trouble, exsudation dans la chambre antérieure, chémosis. La pupille se dilatait toujours bien par l'atropine, contrairement à ce qui s'était passé pour l'autre œil. 10 centigr. de calomel toutes les deux heures. Onctions mercurielles deux fois le jour. Disparitions du chémosis à la suite de scarifications. Synéchie antéro-supérieure. Troubles du corps vitré, veines rétinianes sinuées. V. diminuée. — 22 août accidents rhumatoïdes du côté du membre inférieur; la congestion oculaire augmente. Iod. de potass. Depuis ce moment l'irritation et les troubles du corps vitré disparaissent très vite : Il ne resta que la synéchie antérieure. — Des faits analogues ont été rapportés par H. Schmidt, Gunning, Grüning; Kipp, etc. — Les symptômes principaux sont : 1^e une douleur légère au début, très vive pendant la période d'exsudation, et qui disparaît subitement lorsque la résorption commence; 2^e une exsudation assez abondante pour combler en partie la chambre antérieure, se faisant très vite et durant de 5 à 18 jours. La résorption commence toujours par la périphérie et gagne régulièrement le centre. L'exsudat consiste d'après Knapp et Alt en un réticulum à fibrilles délicates renfermant des leucocytes et des hématies; le diagnostic se fait d'après la marche. On pourrait confondre la maladie avec la *kératite diffuse et la décoloration du cristallin*. On l'en distingue par le chémosis et l'intégrité de l'épithélium cornéen.

2. Un enfant de seize mois est atteint d'un abcès sur les limites de la sclérotique et de la cornée et s'étendant surtout sur la première. Au niveau du foyer se développa plus tard une tumeur saillante. L'examen microscopique fait par M. Latteux montre qu'il s'agissait d'un sarcome. Enucleation du globe oculaire. Par un nouvel examen histologique, on acquit la preuve que cette production s'était développée surtout aux dépens de la cornée et qu'elle n'avait fait que contracter tardivement des adhérences avec l'iris.

3. Homme de soixante et un ans. Début de l'affection oculaire six mois après la manifestation primitive de la syphilis (chancre infectant pénien). Dans l'intervalle, traitement mercuriel. Pendant un an, pas de traitement local de l'iritis. Hypopyon, myosis, plus de réaction pupillaire; le corps vitré à perdu sa transparence. Sanguines, deux apophyses mastoïdes, instillations alternatives d'atropine et d'ésérine; frictions mercurielles sur les jointures. Plus tard, odiure de potassium, vésicatoire derrière l'oreille gauche à cause de douleurs ciliaires. Bains de vapeur. Jaborandi à l'intérieur; amélioration marquée après 3 mois de traitement.

4. M. C..., soixante-deux ans, consulte W...; en mai 1879 pour une affection de l'œil existant depuis 40 ans. N'a jamais eu autre chose qu'une conjonctivite catarrhale dans le cours d'une grippe. Depuis lors, diminution de l'acuité visuelle et de l'acuité auditive; aujourd'hui, il est tout à fait sourd (O.G.). Restes de kératite. Opacité diffuse. La pupille ne se dilate pas par les mydriatiques; fausse membrane d'apparence fenêtrée en avant d'elle, O.D. Léger nuage cornéen. Pupille irrégulièrement dilatale. Tumeur s'étendant des fibres circulaires au bord ciliaire et adhérant à la membrane de Descemet. Elle est lobulée de colo-

ration rouge brun et en arrière s'enfonce profondément dans le cercle ciliaire; à ce niveau, le cristallin commence à devenir opaque. A des intervalles de 5 à 6 semaines, hémorragies par le néoplasme, et suffisantes pour remplir la chambre antérieure. Au mois d'octobre, une d'elles réclame la paracentèse. Il sortit du sang en quantité inquiétante, et aussitôt que la chambre antérieure fut évacuée une nouvelle hémorragie se produisit. Il fallut enlever de nouveau le sang par aspirations. Au bout de quatre jours, l'humeur acqueuse avait repris sa consistance et ses caractères ordinaires. 7 mois plus tard, il n'y avait pas de nouvelles hémorragies, O.G. V = 8 1/2 (Snellen). La tumeur diminua spontanément, O.D. V = 12.

Le gérant : ÉMILE LECROSNIER.